

Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева

Министерства сельского хозяйства Российской Федерации

*Посвящается 150-летию РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,
памяти Н.И. Железнова – первого ректора Петровской
земледельческой и лесной академии*

Проблемы управления водными и земельными ресурсами

Материалы Международного научного форума, Москва,
30 сентября 2015 г.

Часть 1

Москва
Издательство РГАУ-МСХА
2015

УДК 504.4.062.2

ББК 20.1

ПЗ1

Редакционная коллегия

д.т.н., проф. Д.В. Козлов (гл. редактор);

к.т.н., доцент А.С. Апатенко;

д.т.н., проф. Г.Х. Исмайылов;

к.т.н., проф. Л.Д. Раткович;

д.т.н., проф. В.В. Пчелкин;

д.т.н., проф. Ю.И. Сухарев;

д.т.н., проф. Н.В. Ханов;

д.т.н., проф. В.Я. Жарницкий.

Проблемы управления водными и земельными ресурсами.

Материалы Международного научного форума. В 3-х ч. Ч. 1. Москва, 2015 г. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. 482 с.

В сборнике представлены материалы Международного научного форума «Проблемы управления водными и земельными ресурсами», прошедшего в Москве 30 сентября 2015 г. и организованного Российским государственным аграрным университетом – МСХА имени К.А. Тимирязева.

В материалах научного форума представлены результаты исследований по обеспечению водными ресурсами устойчивого социально-экономического развития Российской Федерации; мониторингу, восстановлению и экологической реабилитации водных объектов; управлению земельными ресурсами; проблемам сохранения и восстановления плодородия почв, развитию мелиорации сельскохозяйственных земель в нашей стране, а также безопасности гидротехнических сооружений и предупреждению чрезвычайных ситуаций на водных объектах.

Предназначено для преподавателей и научных сотрудников, аспирантов и студентов вузов, а также специалистов агропромышленного и водохозяйственного комплексов.

ISBN 978-5-9675-1299-5

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
имени К.А.Тимирязева, 2015

УДК 502/504: 556.18

**ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД
МАЛЫХ РЕК МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Н.П. Карпенко, доктор технических наук, профессор

*ФГБОУ ВО РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ – МСХА ИМЕНИ К.А.ТИМИРЯЗЕВА»,*

г. Москва, Россия

Аннотация: рассмотрены основные методы оценки взаимосвязи поверхностных и подземных вод. Для конкретного водосбора получена количественная оценка взаимосвязи поверхностных и подземных вод и рассчитан коэффициент перетекания

Abstract: the basic methods of assessing the relationship of surface and groundwater. For specific catchment area of the quantitative evaluation of the relationship between surface water and groundwater, and calculated the coefficient of flow

Малые реки Московской области в силу своей природной уязвимости в первую очередь реагируют на антропогенную деятельность - на вырубку лесов, распашку, осушение, орошение. Такие реки обладают более низкой способностью к самоочищению и быстрее подвергаются загрязнению. В Московской области в настоящее время насчитывается 4312 рек, из которых все, кроме Москвы, относятся к малым рекам, длина которых колеблется от нескольких сотен метров до 100 км.

Следует отметить, что в условиях усиления антропогенных нагрузок водосборы малых рек подвергаются значительной трансформации и существенному изменению гидрологического и гидрохимического режимов. При значительных объемах сброса сточных вод в реках прекращаются нормальные процессы жизнедеятельности организмов, расходуется большая часть растворенного в воде кислорода, и водотоки превращаются в канализационный коллектор. В Московской области такими коллекторами стали реки Шаловка (приток Клязьмы), Яуза (в среднем и нижнем течении) с малыми притоками, Сходня (в верхнем течении), ручей Черный (приток Пахры) и многие другие. Определенный вклад в изменение гидроэкологическое

состояние поверхностных вод малых рек Подмосковья вносит и сельское хозяйство. Так, минерализация воды в подмосковной Протве за десять лет возросла более чем в полтора раза (от 122 до 195 мг/л) за счет сноса с полей аммиачной селитры, суперфосфата, доломитовой муки и других удобрений. При этом повысилась эвтрофикация русла, в котором активно стали развиваться различные водоросли. И хотя за последние годы количество вносимых удобрений уменьшилось вследствие их дороговизны, оно не снизилось, а даже возросло в тех хозяйствах (прежде всего в частных), которые главный смысл сельскохозяйственного производства видят в получении чистой прибыли, не считаясь с расходами на охрану природы, и в частности малых рек [7].

Русла рек также беспощадно замусориваются различным бытовым мусором, который не влияет на русловые процессы крупных и средних рек, но приобретает существенное гидроэкологическое значение на малой реке. Любая свалка на ее берегах может стимулировать аккумуляцию наносов и отмирание русла. Однако, какого-либо действенного контроля за их экологическим состоянием, распашкой и использованием пойменных территорий малых рек до сих пор не проводится. Более того, на малые реки приходится и большие рекреационные нагрузки, которые будут неуклонно возрастать [8].

Поверхностные и подземные воды представляют две взаимосвязанные составляющие единой гидродинамической системы и изменение ресурсов и режима одной из них приводит к изменению другой. Изучение вопросов взаимосвязи поверхностных и подземных вод позволяет решать многие геоэкологические и хозяйственные задачи на основе анализа влияния экологических условий водосбора на режим и параметры взаимосвязи поверхностных и подземных вод. Так, анализ экологической ситуации, обусловленной изменением гидродинамического режима подземных вод, предполагает оценку зоны подтопления территории, изменения объема и качества ресурсов, а также условий взаимосвязи с поверхностными водами.

Гумидные условия увлажнения и значительная эрозионная расчлененность рельефа Московского региона предопределяют большую динамичность взаимосвязи поверхностных и подземных вод. Области питания и разгрузки расположены здесь в непосредственной близости друг от друга: на водораздельных участках происходит питание подземных вод за счет инфильтрации атмосферных осадков, а в долинах ближайших рек значительная часть сформировавшихся на водоразделах подземных вод дренируется. Остальная часть подземного стока расходуется на формирование напорных водоносных горизонтов и питает реки, имеющие большую глубину вреза.

Основные водоносные горизонты Московской области приурочены к отложениям карбона, представленным преимущественно трещиноватыми известняками и доломитами, переслаивающимися с мергелями и глинами. За счет этого образуется ряд относительно разобщенных водоносных горизонтов. В связи с погружением пород на территории региона в северо-восточном направлении водоносные горизонты каменноугольных отложений выклиниваются к югу, а глубина их погружения возрастает к северо-востоку. Из-за этой особенности геологического строения реки, расположенные в северной части Московской области (р.Шоша, р.Лама, р.Дубна и др.), дренируют только безнапорные горизонты четвертичных отложений. На остальной территории Московской области в питании рек участвуют и напорные водоносные горизонты, причем их число увеличивается по мере увеличения глубины вреза речной долины.

Интенсивная эксплуатация подземных водоносных горизонтов привела к сильному нарушению естественных условий взаимосвязи поверхностных и подземных вод, что повлекло за собой образование крупных депрессионных воронок (глубиной до нескольких десятков метров) и уменьшение водоносности рек, особенно в меженный период. Это уменьшение для большинства рек Московской области составляет 50-70% от естественного минимального расхода воды. В некоторых случаях возникает постоянный

отток воды из речных русел в подземные водоносные горизонты, что приводит к загрязнению подземных вод.

При изучении и количественной оценке условий взаимодействия поверхностных и подземных вод большое значение имеет дополнительное фильтрационное сопротивление в зоне их контакта (ΔL), которое прямо пропорциональное потерям гидродинамического напора в пределах зоны кольтации («дополнительный слой») [4].

Аналитические зависимости для расчета сопротивления и условия их применения приведены в таблице [1, 2, 3].

Таблица

Аналитические способы определения сопротивления дрен

Расчетная схема	Строение пласта	Расчетная формула ΔL
Водоём или водоток шириной $2b_r$	Однородно-анизотропный	$\Delta L_1 \approx 0,5am_d$, $a = \sqrt{\frac{k_x}{k_z}}$, (1)
	Двухслойный [5, 6]	$\Delta L_* = \Delta L_2 \operatorname{cth}\left(\frac{2b_r}{\Delta L_2}\right)$, $\Delta L_2 = \sqrt{\frac{k_2 m_2 m_{1d}}{k_1}}$, (2)
Береговая дрена, по С.Ф. Аверьянову	Однородно-анизотропный	$L_{bd} = \frac{1}{1 + \frac{L_{nd}}{x_d + \Delta L}}$, $L_{nd} = 1,47am_d \lg \frac{1}{\sin \frac{\pi d}{2am_d}}$, (3)
Условные обозначения: ΔL – сопротивление дрены в зоне контакта поверхностных и подземных вод, м; k_x – коэффициент фильтрации по горизонтали, м/сут; k_z – коэффициент фильтрации по вертикали, м/сут; m_d – мощность дрены, м.		

В формуле (3), по которой определяется общее сопротивление береговой дрены L_{bd} , перед m_d добавляется множитель, учитывающий фильтрационную анизотропию, как в формуле (1).

Как следует из анализа таблицы, практически все дренирующие границы потоков грунтовых вод имеют дополнительное фильтрационное сопротивление, которое необходимо учитывать путем замены действительной координаты x на расчетную: $X = x + \Delta L$.

Аналитические расчеты дополнительного сопротивления всегда представляют определенные трудности, поэтому наиболее пригодными для практического использования являются данные измерений положения

свободной поверхности стационарного потока грунтовых вод вблизи зоны разгрузки.

При отсутствии инфильтрации величину дополнительного сопротивления можно определить по зависимости В.М. Шестакова [5, 6]:

$$\Delta L = \frac{H_1 - H_p}{H_2 - H_1} \cdot x_2 - x_1. \quad (4)$$

Схема для расчета дополнительного фильтрационного сопротивления для потоков грунтовых вод показана на рис. 1.

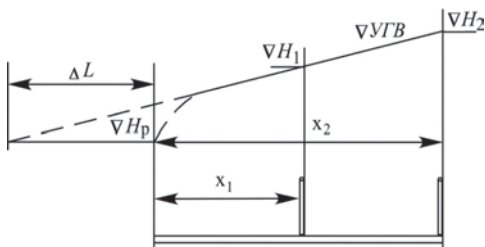


Рис. 1. Схема для расчета дополнительного фильтрационного сопротивления

При наличии инфильтрации к величинам H_1 , H_2 добавляются слагаемые $\frac{wx_1^2}{2T}$ и $\frac{wx_2^2}{2T}$ соответственно.

Количественно оценить взаимосвязь подземных вод с рекой можно через определенные коэффициенты, характеризующие степень связи поверхностных и подземных вод: коэффициент перетекания (B) и коэффициент гидравлической связи (α) водоносного горизонта с рекой.

Коэффициент перетекания (B) можно определить по зависимости:

$$B = \sqrt{\frac{Tm}{k}} \quad (4)$$

где T – водопроводимость водоносного горизонта, $\text{м}^2/\text{сут}$; m – мощность слабопроницаемых слоев, м ; k – коэффициент фильтрации слабопроницаемых слоев, $\text{м}/\text{сут}$.

Коэффициент перетекания характеризует соотношение между горизонтальными и вертикальными проводимостями: уменьшение проводимости слабопроницаемых слоев ведет к увеличению коэффициента

перетекания и увеличению роли верхних водоносных горизонтов в дренировании всей системы и уменьшению роли нижних горизонтов.

Важным показателем взаимосвязи поверхностных и подземных вод, особенно при работе водозабора, является коэффициент гидравлической связи, который зависит от места расположения водозаборных скважин, гидрогеологической обстановки и изменяется в пределах от 0 до 1. В случае совершенного вскрытия руслом реки водоносного горизонта подземных вод $\alpha = 0$. Это означает, что водозабор из подземных вод в объеме $W_{\text{подз}}$ приводит к снижению речного стока на ту же величину. В случае отсутствия связи $\alpha = 1$, например, если водоносный горизонт подземных вод перекрыт слоем водоупора или водозаборные скважины расположены на значительном удалении от реки.

При наличии гидравлической связи, в случае: безнапорного, однородного водоносного горизонта, располагающегося на горизонтальном водоупоре, коэффициент гидравлической связи при работе водозабора у реки можно рассчитать по формуле:

$$\alpha = 1 - \operatorname{erfc}(z), \quad (5)$$

$$z = \frac{x}{2\sqrt{at}}, \quad a = \frac{K_{\phi} \cdot h_B}{\mu} \quad (6)$$

где $\operatorname{erfc}(z)$ – специальная функция, значения которой представляют собой экспоненциальный ряд; z – вспомогательная переменная; x – расстояние от водозабора до реки; a – коэффициент урвнепроводности, $\text{м}^2/\text{сут}$; K_{ϕ} – коэффициент фильтрации, $\text{м}/\text{сут}$; h_B – мощность водоносного горизонта, м ; μ – коэффициент водоотдачи, для песков принимается $0,1 \dots 0,3$; t – время отбора подземных вод (эксплуатации водозабора), 30-50 лет.

Типичными водосборами малых рек Московской области являются водосборы рек Клязьма, Яуза, Пахра, Шаловка, Селесня, Лама, Медвенка, Шоша и т.д. Исследования по гидрологическому режиму и изучению взаимосвязи поверхностных и подземных вод проводилось на водосборной площади р.Селесня, впадающей в реку Лама.

Водосборная территория реки Селесня относится к типу пологоволнистой слаборасчлененной моренной равнины, которая сложена московской мореной и перекрыта покровными суглинками, мощность которых достигает 5...6 м и способствует развитию различных понижений, западин и эрозийных процессов в пределах водосборной территории. Для данной территории характерно развитие гидрографической сети с ярко выраженными придолинными участками небольших рек и безымянных ручьев.

Река Селесня берет свое начало западнее д.Федцово, устье реки находится у д.Тимково в 107 км по левому берегу р. Лама. Длина реки Селесня составляет 16 км, а площадь водосборного бассейна – 40,6 км². Среднесрочные расходы р.Ламы у с.Егорье характеризуются сильной изменчивостью в зависимости от сухости года (рис. 2.).

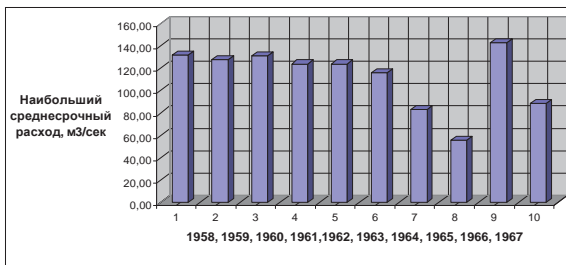


Рис. 2. Динамика среднесрочных расходов во времени по реке Лама

Суммарный слой стока воды в период половодья также подвержен значительным колебаниям (рис. 3).

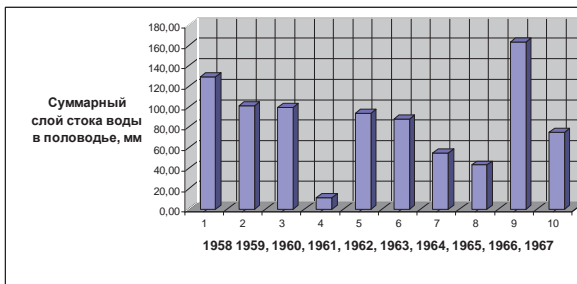


Рис. 3. Динамика суммарного слоя стока воды во времени в период половодья по реке Лама

Верхняя часть зоны активного водообмена и зоны аэрации рассматриваемого водосбора сложена супесчано-суглинистыми отложениями с невысокими фильтрационными свойствами. По материалам Российского Федерального Геологического Фонда геолого-литологическое строение территории характеризуется следующими особенностями по данным буровой скважины (глубина скважины составляет 65,0 м): слой 1 (0,0...9,0 м – суглинок коричнево-красный с прослоями песка мощностью 9,0 м); слой 2 (9,0...40,5 м – глина коричнево-красная с прослоями песка, гальки и отдельными валунами мощностью 31,5 м); слой 3 (40,5...43,0 м – песок коричнево-красный крупнозернистый мощностью 1,5 м); слой 4 (43,0...48,0 м – известняк серый рыхлый мощностью 5,0 м); слой 5 (48,0...65,0 м – известняк серый плотный трещиноватый, местами окремненный мощностью 18 м).

Исходя из геолого-литологических и гидрогеологических особенностей строения верхней слагающей данную территорию толщи, представляется возможным приближенно оценить условия взаимосвязи поверхностных вод через коэффициент перетекания, который позволяет оценить подземное питание реки Селесня. Река имеет дренирующую границу потока грунтовых вод с дополнительным фильтрационным сопротивлением ΔL ($\Delta L = \sqrt{\frac{Tm}{k}}$, где T – проводимость пласта, m – мощность пласта, k – коэффициент фильтрации пласта), которое характеризует несовершенство строения ложа водоема в зоне его контакта с подземными водами и которую необходимо учитывать при оценке их взаимосвязи.

С точки зрения условий формирования водного объекта можно сказать, что р. Селесня питается за счет инфильтрации атмосферных осадков и является областью разгрузки грунтового водоносного горизонта; при этом на его урезе может разгружаться около 1/3 фильтрационного потока грунтовых вод, а коэффициент гидравлической связи составляет около 0,6. Исходя из размеров водосборной территории р. Селесня, особенностей строения литологической толщи и данных геофильтрационных параметров можно ориентировочно

оценить степень взаимосвязи поверхностных и подземных вод через величину фильтрационного сопротивления и коэффициент перетекания.

При двухслойном строении литологического разреза фильтрационное сопротивление равно коэффициенту перетекания $B = \sqrt{\frac{Tm}{k}}$. Оценить эту величину можно по зависимости $L \approx 5B$ или $F \approx (5B)^2$ (где L – характерный размер бассейна, F – площадь водосборного бассейна). Согласно проведенным расчетам, коэффициент перетекания для бассейна реки Селесня составил 1,3 км.

Выводы

Вопросы количественной оценки взаимосвязи поверхностных и подземных вод на водосборах малых рек необходимы для решения проблем восстановления и экологической реабилитации водных объектов. Это связано в первую очередь с тем, что любая хозяйственная деятельность на водосборных территориях малых рек (распашка, создание рекреационных зон, сброс промышленных стоков, отбор подземных вод и т.д.) существенно влияет на гидрологический и гидрохимический режим поверхностных и подземных вод.

Отбор подземных вод на водосборных территориях малых рек приводит к уменьшению поверхностного стока, что особенно сказывается на состоянии малых и средних рек в период межени. Запасы подземных вод, не связанные с поверхностным стоком, соответствуют статическим и упругим запасам водоносных систем, а также потерям подземных вод при испарении с их поверхности.

Разгрузка подземных вод в малые реки зависит от фильтрационного сопротивления ложа водотока (водоёма), которое является важной характеристикой взаимодействия поверхностных и подземных вод. Для малых рек Московской области коэффициент перетекания составляет порядка 1,3...1,5 км. Такие невысокие значения характеризуют тесную взаимосвязь поверхностных и подземных вод и существенное влияние отбора подземных вод не только на сток малых рек, но и на уровни верхних водоносных

горизонтов, которые определяют их разгрузку в реки. Невысокие значения коэффициентов перетекания малых рек Московской области при антропогенной нагрузке могут существенно повлиять на качество подземных вод.

Литература

1. **Жабин В.Ф., Карпенко Н.П., Ломакин И.М.** Формирование гетерогенной среды и регулирование режима грунтовых вод в задачах природообустройства: монография. – М.: МГУП, 2013. 208с.

2. **Жабин В.Ф., Козлов Д.В., Раткович Л.Д., Фризена Е.В.** Экологические особенности совместного использования поверхностных и подземных вод // Природообустройство. – 2011, № 5. С.56-63.

3. **Манукьян Д. А., Жабин В. Ф.** Гидрогеоэкологические проблемы в задачах природообустройства: монография. – М.: МГУП, 2006. 194с.

4. **Черепанский М. М.** Теоретические основы гидрогеологических прогнозов влияния отбора подземных вод на речной сток. – М.: НИИ-ПРИРОДА, 2005. 260с.

5. **Шестаков В. М.** Теоретические основы оценки подпора, водопонижения и дренажа. – М.: Изд-во МГУ, 1965. 233с.

6. **Шестаков В. М., Невечеря И. К., Авилина И. В.** Методика оценки ресурсов подземных вод на участках береговых водозаборов. – М.: Изд-во Книжный дом «Университет», 2009. 192 с.

7. Доклад о состоянии окружающей среды в городе Москве в 2012 году/ Правительство Москвы, Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы; [под общ. ред. А. О. Кульбачевского]. – М.: Спецкнига, 2012. 178с.

8. ГПБУ «Мосэкомониторинг». URL: <http://www.mosecom.ru/>.

ПРОБЛЕМЫ ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАН

А.Д. Рябцев, доктор технических наук

М.К. Бекниязов

РГП «КАЗГИПРОВОДХОЗ», г. Алматы, Казахстан

Рассмотрены проблемы водообеспеченности Центрального Казахстана как компонента национальной безопасности и возможности перераспределения водных ресурсов в пределах внутри страны.

The problems of water supply are considered Central Kazakhstan as component of national safety and possibility of redistribution of water resources in limits into a country.

В последние годы общественность и политическое руководство страны все чаще обращают внимание на такой всеобъемлющий и незаменимый ресурс, как вода. Именно по оценке доступности к воде в ближайшие годы будут оценивать возможности потенциального развития как экономики так и социальной сферы того или иного региона.

Дефицит воды и ухудшение ее качества уже привели во многих странах к серьезным вызовам, связанным с падением уровня жизни населения, снижению перспективы экономического развития [1].

Уже сейчас в мире более миллиарда человек не имеют доступа к качественной питьевой воде, а 2,5 миллиарда человек – к системам канализации.

Именно по этой причине Организация Объединенных Наций объявила 2005-2015 годы Десятилетием питьевого водоснабжения. Эта директива ООН предполагает, что каждая страна за этот период осуществит национальные планы действий по интегрированному управлению водными ресурсами и

водообеспечению, которые должны рассматриваться как важнейший компонент устойчивого развития и национальной безопасности государства.

Одним из самых больших потребителей пресной воды является ирригация. Она вносит огромный вклад в мировое продовольственное обеспечение. Так, для производства суточного рациона человека в 2800 калорий, требуется 1,0 тыс. м³ воды. Неслучайно на ирригацию приходится 70% мирового отбора воды из водных источников. Высокими темпами растет потребление воды и для промышленных нужд.

Последние оценки специалистов свидетельствует о том, что изменение климата на нашей планете на 20% усилит нехватку воды, что приведет к ухудшению жизни от 2-х до 5-ти миллиардов человек в более чем 45 странах мира.

Особое значение в устойчивом водопользовании имеет правовое регулирование вопросов совместного использования трансграничных рек, водоразделов, которые не совпадают с существующими административными границами. Число международных бассейнов рек в настоящее время равно 261 и их водными ресурсами пользуются 145 государств. Многие регионы и страны, расположенные в низовьях рек, зависят от пользователей воды, находящихся выше по течению.

Справедливое и устойчивое управление совместными водными ресурсами требует наличия институтов, которые способны обеспечить целостный подход к этой проблеме и найти эффективные методы ее решения. Опыт показывает, что при совместном использовании бассейнов трансграничных рек, конфликты, как правило, уступают место сотрудничеству.

Казахстан, в силу своего географического положения, во многом зависит от водообеспеченности, связанной с притоком воды из сопредельных государств Китая, Узбекистана, Кыргызстана и России. Так на их территории формируется 44% поверхностного стока Казахстана. Сотрудничество с сопредельными странами в этой области осуществляется как на

многосторонней основе (река Сырдарья), так и на двусторонних контактах (реки Ертыс, Иле, Жаик, Тобол, Есил, Шу, Талас).

Именно обострение вопросов обеспечения водой целых регионов страны привело к структурным преобразованиям в управлении этой сферой – создано новое Министерство окружающей среды и водных ресурсов. Правительством одобрена Государственная программа управления водными ресурсами Казахстана, значительно выросли капитальные вложения в водный сектор экономики страны. Вместе с тем дефицит водных ресурсов продолжает нарастать. Вся территория Казахстана условно разбита на восемь речных бассейнов. Это позволяет судить о состоянии и динамике изменения водных ресурсов на той или иной речной системе, как в количественном, так и в качественном измерении. Так, например, Жайык-Каспийский бассейн охватывает территорию сразу трех областей: Мангистауской, Атырауской и Западно-Казахстанской.

На первый взгляд в Казахстане нет явных проблем, связанных конкретно с нехваткой воды, но косвенный ее недостаток уже сказывается на перспективах развития экономики того или иного региона. Например, невозможно эффективно развивать животноводство там, где нет хорошей кормовой базы, то есть, нет орошаемых земель.

Согласно принятой международной классификации регионы с водообеспеченностью 1,7 тыс. м³ воды в год на одного человека относятся к испытывающим нехватку воды. Если разделить весь годовой поверхностный сток на наше население, то вроде бы, все нормально – 6,2 тыс. м³ воды на человека. В то же время, если смотреть в разрезе отдельных речных бассейнов, то ниже среднего республиканского показателя имеют Нура-Сарысуский (Карагандинская и Акмолинская области) - 1,1 тыс. м³, Есилский - 1,4 тыс. м³ (Астана, Акмолинская, Северо-Казахстанская области), Тобол-Торгайский бассейн (Костанайская, Актюбинская области) - 2,1 тыс. м³, Шу-Таласский (Жамбылская область) - 3,9 тыс. м³, Жайык-Каспийский – 4,7 тыс. м³.

Единственный речной бассейн, который имеет неиспользуемый речной сток, это Ертысский (Восточно-Казахстанская, Павлодарская обл.), на который приходится – 16,7 тыс. м³ воды на одного человека.

Изучая мировой опыт, специалисты водного хозяйства, гидрологи, географы страны, давно пришли к мнению, что назрела необходимость внутриреспубликанского перераспределения ресурсов воды, то есть переброска ее из более благоприятных в крайне недостающие регионы (речные бассейны).

Решение этих задач несомненно перекрывают затраты на создание инфраструктуры по перераспределению речного стока, о чем свидетельствует зарубежный опыт, в частности, России, США, Канады, Китая, Индии и других стран.

На международной конференции «Инженерное искусство в развитии цивилизации» (Москва, 2003 г.) профессор Капица С. П. так охарактеризовал перераспределение стока: «Когда строился канал Волга-Москва, никто не думал, что Москва вместо 2-х миллионов человек будет иметь 11 миллионов. Но что бы было с нами сейчас, если бы этого канала не было».

Но давайте представим, что было бы, если бы у нас отсутствовал канал им. К. Сатпаева, благодаря которому вот уже более 40 лет подается вода из р. Ертыс в Центральный Казахстан (города Караганды, Темиртау, Экибастуз, Астану). На воде канала работают Экибастузские ГРЭС 1 и 2, которые вырабатывают половину электроэнергии, производимой в Казахстане, а часть передается в Россию, крупнейший в стране металлургический комплекс в г. Темиртау и многие другие предприятия, то есть, мы уже имеем положительный опыт такой межбассейновой переброски из Ертысского в Нура-Сарысуский и Есилский речные бассейны.

Именно сейчас настал тот момент, когда мы в очередной раз должны обратить внимание на эту проблему. Еще в 70-е годы прошлого столетия академик Ш. Чокин детально исследовал и предлагал свои варианты подачи воды в Центральные и Северные регионы страны, используя потенциал канала

Иртыш-Караганда (в последующем – канал им. К. Сатпаева), со строительством отдельной ветки для подпитки водой река Есил [1].

В своем очередном письме в адрес Президента страны Назарбаева Н.А., датированном октябрём 1996 года, он писал: «Как Вам известно, большим тормозом для развития почти всех отраслей экономики и социальной сферы северных областей Республики является острая нехватка водных ресурсов. Регион очень богат минерально-сырьевыми ресурсами, дающими громадные возможности для масштабного роста экономического потенциала Республики. Однако, по водным факторам многие ресурсы его не используются, а существующие предприятия не получают должного развития, низка урожайность сельскохозяйственных культур» [1].

В настоящее время реализуется Государственная программа по форсированному индустриально-инновационному развитию Казахстана, которая предполагает развитие промышленного производства в Центральном и Северном Казахстане. К сожалению, Программа не учитывает потребностей этих производств в водных ресурсах, что, несомненно, негативно отразится на дальнейшей их реализации.

Сегодня эта идея может найти свое воплощение в строительстве канала «Астана», как первоначального этапа повышения водообеспеченности Северного и Центрального Казахстана, а на последующих этапах и южных регионов страны.

В этой связи совершенно резонным является вопрос: сколько воды необходимо для этих целей, и в какие сроки, не ущемляя при этом интересы водопотребителей и природных экосистем в бассейне реки-донора Иртыша на территориях Казахстана и России?

Чтобы ответить на него необходимо обратиться к водохозяйственному балансу бассейна река Ертыс, единственной речной системе в Казахстане, где еще имеются определенные резервы водных ресурсов.

Естественный среднегодовой сток река Ертыс на современном уровне оценивается в $33,7 \text{ км}^3$ воды в год, в том числе $7,8 \text{ км}^3$ формируется в

Китае. С интенсивным развитием экономики Западного Китая уже в ближайшем будущем до 5,4 км³ воды в год может быть использовано китайской стороной в бассейне этой реки.

Сток реки, подлежащий делению на границе с Россией, на современном уровне составляет 23,3 км³, а за пределами 2050 года уменьшится до 20,9 км³. При паритетном делении этого стока с РФ доля Казахстана составит 11,65 и 10,15 км³ соответственно.

С развитием экономики казахстанской части бассейна река Ертис, увеличением подачи воды в Караганды-Темиртауский промрайон по каналу им. К. Сатпаева и с учетом экологических и транспортных попусков по реке, возможный к использованию сток уменьшится с 7,5 км³ (современный этап) до 4,5 км³ воды в 2050 году.

Поэтому Казахстану уже сейчас жизненно необходимо использовать эту воду для своих нужд, вместо того, чтобы она безвозвратно утекала в Северный Ледовитый океан.

Как отмечено выше нехватка воды является главным сдерживающим фактором роста экономики и улучшения благосостояния в Северном и Центральном экономических районах Казахстана. Дальнейшее увеличение общего водопотребления здесь обусловлено следующими обстоятельствами:

- ростом потребностей коммунального хозяйства и промышленности с 173 млн. м³ в 2012 г. до 350 млн. м³ в 2040 г.;

- вводом дополнительных орошаемых площадей в связи с развитием орошаемого кормопроизводства с доведением их с 3,5 тыс. га в 2012 г. до 100 тыс. га в 2040 г., на что потребуется дополнительно 450 млн. м³ воды;

- появлением новых водопотребителей: Орловский и Босшакольский ГОКи в Костанайской и Акмолинской областях;

- ростом потребности в воде Астанинской ТЭЦ на 100 млн. м³ в связи с ее развитием и доведением установленной мощности до 720 МВт;

- строительством новых групповых водопроводов в районах, не обеспеченных водными ресурсами, с подачей воды до 25-30 млн. м³;

- ростом потребности в воде для создания продовольственного и зеленого поясов вокруг город Астаны в объеме более 200 млн.м³.

Согласно расчетам, если не будет осуществлена переброска, то в городе Астана и на прилегающих к ней территориях, показатель водообеспеченности к 2040 году упадет до 0,84 тыс. м³/год на человека, что вдвое ниже критического.

Выполненные расчеты водохозяйственных балансов на перспективу, до уровня 2050 года, с учетом дальнейшего развития региона показали, что уже к 2020 году возникает дефицит воды в объеме 0,86 км³, который будет постоянно возрастать.

С дополнительной подачей воды объемом до 1,0 км³/год водообеспеченность региона достигнет 1482,0 м³/год на человека, что позволит повысить гарантированное обеспечение водой коммунального хозяйства и промышленности, использовать неустойчивый, сильно изменчивый местный сток для производства кормов на орошаемых землях.

Для решения этой первоочередной задачи предлагается использовать имеющиеся резервы канала имени К. Сатпаева, который рассчитан на транспортировку воды в объеме 2,2 км³/год, тогда как в настоящее время водовод загружен только на 30%. Это позволяет использовать существующую трассу канала имени К. Сатпаева для подачи еще 1,0 км³/год в город Астану и прилегающую территорию, а в маловодные годы пополнять водохранилища на река Есил.

Таким образом, ранее осуществленное и проверенное временем техническое решение по повышению водообеспеченности населения Центрального Казахстана, получит свое логическое продолжение с учетом изменений, вызванных в первую очередь строительством и бурным ростом новой столицы Казахстана, а соответственно и развитием Акмолинской и Северо-Казахстанской областей.

Межбассейновая переброска из река Ертис в река Есил предполагается по каналу с проектным названием «Астана». Институт Казгипроводхоз по заданию

Совета Безопасности и Правительства Республики Казахстан проработал предварительное обоснование необходимости строительства этого сооружения. Рассмотрено 3 варианта канала, которые условно получили название «Северный», «Центральный» и «Южный».

Северный вариант канала с максимальной пропускной способностью 50 м³/с и объемом межбассейновой переброски воды 1 км³, имеет протяженность 463 км. На трассе канала имеется участок, так называемая анти-река Селеты, состоящий из пяти водохранилищ с насосными станциями, обеспечивающими общий подъем воды на высоту порядка 100 м. Завершающим является Софиевское водохранилище емкостью 760 млн. м³, которое расположено в 28 км от город Астаны. При этом варианте под зону затопления попадают 7 населенных пунктов с населением порядка 5 тыс. человек, автомобильные дороги, линии электропередач и другие объекты. Также намечается строительство целого ряда гидротехнических сооружений: перегораживающие, сопрягающие, аварийные сбросы, дюкеры, трубы под каналом, акведуки, мосты и т.д.

Центральный вариант канала от водохранилища Шидерты до река Есил в створе город Астана имеет протяженность 353,7 км, максимальная пропускная способность канала (на первом этапе строительства) составляет 50 м³/с. По трассе канала переброски предусматривается строительство Софиевского и Акжарского водохранилищ общей емкостью около 1 км³, предназначенных для создания многолетних резервных и аварийных емкостей и повышения надежности работы насосных станций, а также для рекреационных целей. Геодезическая высота подъема составляет 140 м, на канале будет около 90 сооружений различного назначения. В этом варианте предусматривается возможность дальнейшего увеличения пропускной способности канала до 160 м³/с в перспективе путем расширения и облицовки канала. В дальнейшем выход канала на водораздел позволяет обеспечить подачу воды самотеком как в направлении Аркалык - Жезказган – Сарысу - Сырдарья, так и в направлении Западный Балхаш.

Южный вариант предполагает подачу воды из верхнего бьефа насосной станции №19 канала имени К. Сатпаева по закрытому железобетонному водоводу с водоподъемом 1 ой насосной станцией на высоту 33,2 м. Трасса водовода в основном намечена по левому берегу река Есил. На 2-х участках канала с общей протяженностью 38 км трасса проходит в туннеле. На начальном участке до Астанинского водохранилища водовод имеет максимальную пропускную способность 50 м³/с, далее до город Астаны - 25 м³/с. Сброс в водохранилище половины транспортируемой воды обеспечит требуемую проточность водных акваторий. Часть воды на конечном участке забирается на водоснабжение город Астаны, остальная пополняет русло река Есил, улучшая ее экологическое состояние и повышая водоотдачу Астанинского водохранилища.

Учитывая, что проектируемый канал Астана забирает воду из действующего канала им. К. Сатпаева, возникает необходимость в реконструкции указанного канала с увеличением его ширины и производительности насосных станций для пропуска подаваемых объемов воды в Караганду и по новому каналу «Астана» с суммарным расходом в перспективе 85 - 90 м³/с.

В результате анализа рассмотренных трасс, Северный вариант исключен из дальнейших расчетов, как явно невыгодный в связи со значительной территорией затопления, сносом и переносом населенных пунктов и линейных сооружений, инфраструктуры и т.п.

Таким образом, подача воды в город Астану, на прилегающие территории и река Есил объемом до 1,0 км³/год с использованием собственных водных ресурсов возможна по двум основным вариантам: «Южному» и «Центральному». Окончательное решение должно быть принято в результате проведения технико-экономического обоснования.

В перспективе, за пределами 2050 года, дефицит воды, ожидаемый по всем речным бассейнам, достигнет 12-13 км³ (в том числе по бассейну оз. Балхаш до 5 км³, по бассейну река Сырдарья до 4 км³ пресной воды). Покрыть

этот дефицит возможно только за счет переброски пресной воды из-за пределов Республики Казахстан в реку Иртыш. Реально это возможно осуществить из речных бассейнов сибирских рек Оби и Енисея Российской Федерации. В этих вопросах у Казахстана и Российской Федерации нет противоречий, так как каждая сторона понимает, что в перспективе вопросы обеспечения водой вододефицитных территорий в России и Казахстане необходимо осуществлять посредством взаимовыгодных решений.

Дальнейшая транспортировка этой воды по территории республики возможна при расширении канала «Астана» и увеличения ее пропускной способности до 250-300 м³/с, строительства новых веток канала по направлениям «Астана - Сырдарья» и «Астана - Западный Балхаш».

Сегодня водная безопасность страны является неотъемлемой частью национальной безопасности, поэтому вопросам воды уделяется пристальное внимание со стороны Правительства, Администрации Президента и Совета Безопасности Республики Казахстан. При этих государственных органах созданы и работают несколько экспертных и рабочих групп, которые призваны всесторонне и тщательно рассмотреть и принять соответствующие решения по вопросам, касающимся этой актуальной проблемы.

Все проработанные институтом «Казгипроводхоз» решения внесены на рассмотрение Рабочей группы по выработке предложений стабильного водообеспечения город Астаны, созданной распоряжением Премьер-министра Республики Казахстан от 27.11.2013 г., которая изучит возможность осуществления данного проекта.

Библиографический список

1. Медеу А.Р. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление (концепция) [Текст]/ Медеу А.Р., Мальсковский И.М., Толеубаева Л.С.- Алматы, 2012.- 94с.

Оценка межгодовой и сезонной изменчивости стока рек водохозяйственной системы Московского региона

**Г.Х. Исмаилов, доктор технических наук,
профессор**

**ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ – МСХА ИМЕНИ К.А.ТИМИРЯЗЕВА»,
г. Москва, Россия**

В.Г. Гуськов, старший преподаватель

**ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ – МСХА ИМЕНИ К.А.ТИМИРЯЗЕВА»,
г. Москва, Россия**

В статье рассматриваются и анализируются пространственно – временные закономерности изменчивости годового и сезонного (за период половодья и межени) стока с частных водосборов рек Московского региона и даётся оценка стационарности (нестационарности), однородности (неоднородности) естественного процесса его многолетних колебаний.

The article discusses and analyzes the spatial – temporal regularities of variability of annual and hay(for the period of floods and low water) runoff from private catchments of the rivers of the Moscow region and provides an assessment of stationarity (nonstationarity), homogeneity(heterogeneity) of the natural process of his long-term fluctuations.

На формирование речного стока реки Волги существенное влияние оказывают реки Московского региона. Водные ресурсы этого региона, особенно поверхностные, сильно зарегулированы такими водохозяйственными системами как Верхневолжская, Москворецкая, Вазузская. В настоящее время, в связи с расширением Московского мегаполиса, наблюдается дефицит водных ресурсов в этом регионе.

Для ретроспективной оценки межгодовой и сезонной изменчивости стока рек водохозяйственной системы (ВХС) Московского региона, а также возможного изменения стока этих рек при различных сценариях изменения климата, использованы данные стока рек Верхневолжской водохозяйственной системы (ВВС), Вазузской гидротехнической системы (ВГТС), Москворецкой водной системы и боковой приточности от створов четырех гидроузлов (Истринского, Можайского, Озернинского и Рузского) до створа плотины Рублевского гидроузла (МВС) за период 1914/1915 – 2010/2011 гг (n= 97 лет).

Суммарные естественные сезонные и годовые объемы стока Верхневолжской водохозяйственной системы включают в себя сезонные и годовые объемы притока к Верхневолжскому водохранилищу плюс объемы боковой приточности р. Волги на участках Верхневолжское водохранилище – г. Старица и г. Старица – Ивановское водохранилище.

Суммарные естественные сезонные и годовые объемы стока Вазузской гидротехнической системы включают в себя сезонные и годовые объемы стока на участках бассейнов р. Вазузы в створе Зубцовского гидроузла и р. Яузы в створе Кармановского гидроузла.

Суммарные естественные сезонные и годовые объемы стока Москворецкой водохозяйственной системы включают в себя сезонные и годовые объемы стока р. Истры в створе Истринского гидроузла, р. Москвы в створе Можайского гидроузла, р. Озерны в створе Озернинского гидроузла, р. Рузы в створе Рузского гидроузла и объемы бокового притока от створов вышеуказанных четырех гидроузлов до створа плотины Рублевского гидроузла.

Доля объема годового притока ВВС, ВГТС и МВС в ВХС Московского региона соответственно составляет 72, 13 и 15%. Доля объема притока за период половодья ВВС, ВГС и МВС в ВХС Московского региона соответственно составляет 70, 15 и 15%. И наконец, доля объема притока за период межени составляет соответственно 76, 10 и 14 %. Как видно из этого распределения самым крупным водоисточником является Верхневолжская водохозяйственная система, доля которой составляет от 70 до 76 % (рис. 1).

На рис.2 приведены графики колебаний объемов стока рек Москворецкой водной системы (МВС). Как видно, при визуальном рассмотрении этих графиков среднемноголетнее значение объемов годового стока за рассматриваемый период не изменилось. В то же время объемы сезонного стока претерпели изменения. Объем стока половодья непрерывно уменьшается, а

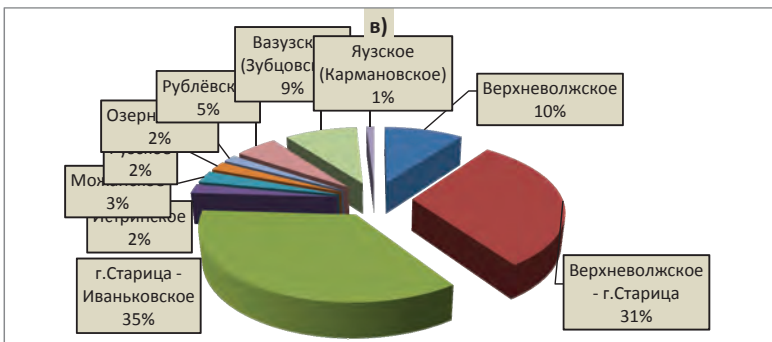
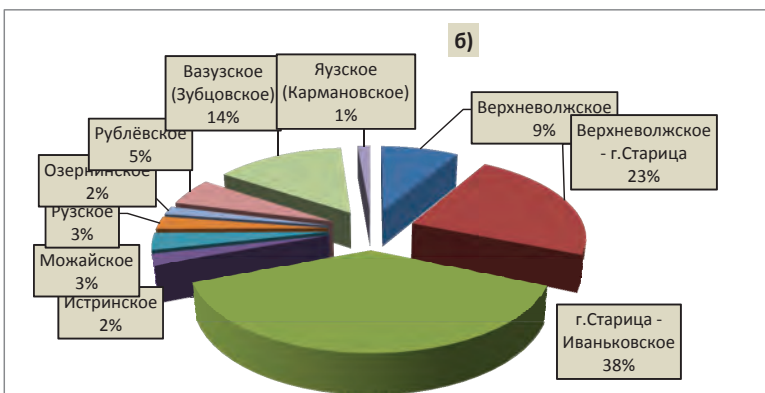
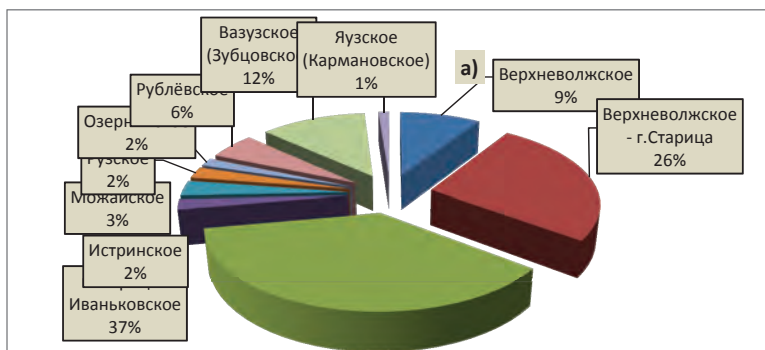


Рисунок 1 Среднегоголетняя доля естественного годового и сезонного стока частных водосборов водохранилищ ВХС Московского региона за период 1914/1915 - 2010/2011 гг.: а) за год (III-II); б) в половодье (III-V); в) в межень (VI-II).

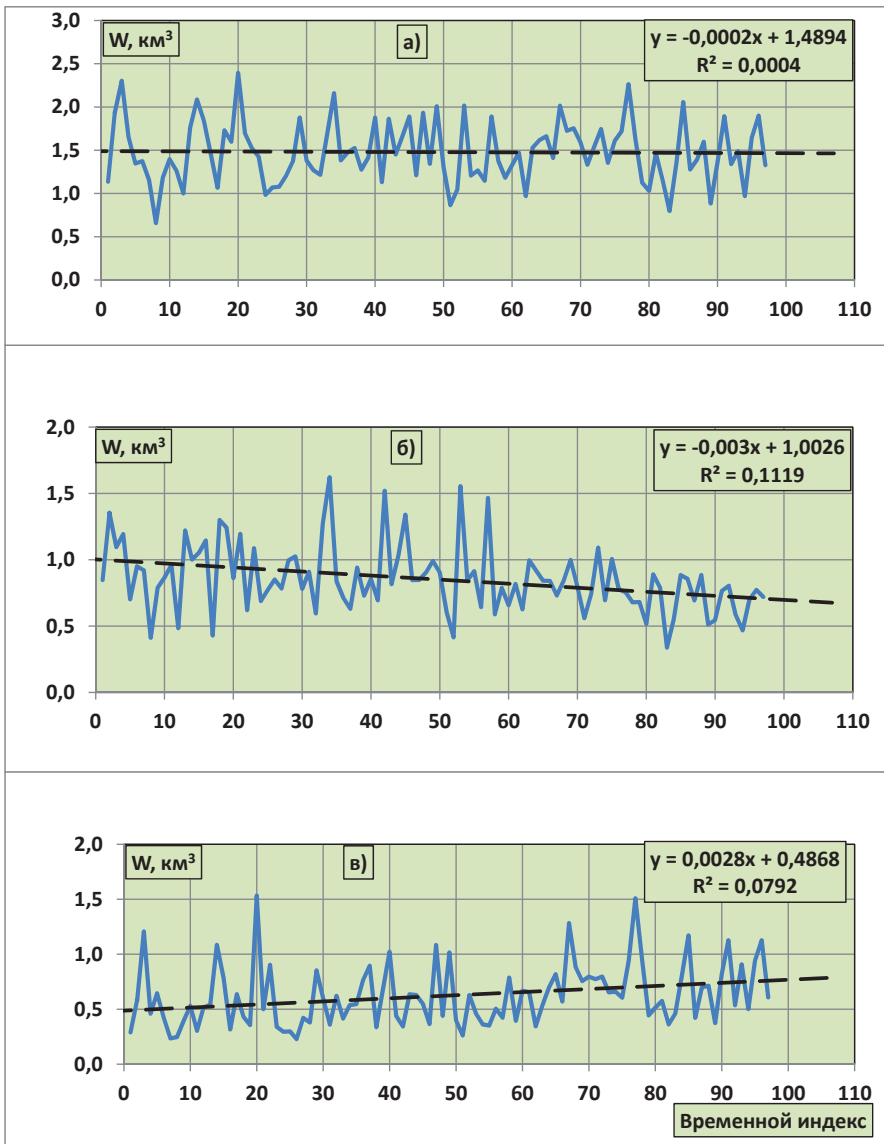


Рисунок 2 Колебание естественных объёмов стока рек Москворецкой водной системы за период 1914/15 - 2010/11 г.г. (97 лет) : а) за год (III-II); б) в половодье (III-V); в) в межень (VI-II).

объем меженного стока – увеличивается. Возникает необходимость оценить статистическую значимость этих изменений. В эконометрике для оценки

наличия тренда широко используются такие критерии как коэффициенты трендовой корреляции и ранговой корреляции Спирмена [2, 3].

Трендовая корреляция:

$$\hat{r}_{xi} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(i - \bar{i}) / [(n-1)\hat{\sigma}_x \sigma_i] \quad (1)$$

где i – порядковый номер члена ряда; \bar{i} - среднее из порядковых номеров I , определяется по формуле $\bar{i} = n(n+1)/2$; $\hat{\sigma}_x$ и σ_i - средние квадратические отклонения ряда X и порядковых номеров i .

Значимость коэффициента корреляции определяется по формуле:

$$K_{д} = |\hat{r}_{xi}| \sqrt{n-1} / (1 - \hat{r}_{xi}^2) \quad (2)$$

Если $K_{д} \geq 3$, то имеет место наличие тренда, и он значим.

Ранговая корреляция Спирмена:

$$\hat{\rho} = 1 - 6 \sum_{i=1}^n d_i^2 / (n^3 - n) \quad (3)$$

где d_i – разность между порядковым номером и рангом каждого хронологического значения ряда длиной n . Если связь отсутствует, то $\hat{\rho} = 0$; при наличии функциональной связи $\hat{\rho} = 1$. При постепенном возрастании показателя X $\rho > 0$, при уменьшении X $\rho < 0$.

Для нахождения коэффициента ранговой корреляции Спирмена $\hat{\rho}$ следует ранжировать хронологические значения ряда X длиной n . При этом используется прямое ранжирование (от минимального значения к максимальному), то есть минимальному значению показателя X присваивается наименьший ранг 1. Если между значениями невозможно найти существенные различия или эти значения оказались равными или почти одинаковыми, то данные значения считаются связанными. В этом случае данным значениям приписывают одинаковые средние ранги. После расстановки рангов вычисляют значение коэффициента ранговой корреляции по формуле (3).

Затем следует оценить статистическую значимость рассчитанного

коэффициента ранговой корреляции с помощью t-критерия Стьюдента:

$$t_{расч} = |\hat{\rho}| \frac{\sqrt{n-2}}{1-\hat{\rho}^2} \quad (4)$$

При этом проверяется гипотеза о равенстве коэффициента ранговой корреляции нулю. Для подтверждения выдвинутой гипотезы рассчитывают $t_{расч}$ по формуле (4) и сравнивают его с $t_{табл.}$.

Величину $t_{табл.}$ можно определить с помощью статистической функции СТЬЮДРАСПОБР. Для этого необходимо задать уровень значимости α (как правило: 0,05; 0,01; 0,1) и число степеней свободы $\kappa = n - 2$.

Если $t_{расч} < t_{табл.}$, то нулевая гипотеза принимается, коэффициент ранговой корреляции признается незначимым.

Если $t_{расч} > t_{табл.}$, то нулевая гипотеза отвергается, коэффициент ранговой корреляции признается значимым (существенным).

В таблице 1 приведены результаты расчетов трендовой и ранговой корреляции рек Московского региона и оценки их значимости. Как видно из этой таблицы для рек МВХС в целом трендовая корреляция годового стока незначима ($K_d = 1,43 < [3]$). Хотя для отдельных рек этого региона (рек Вазуза, Яуза, Истра, Озерна и незарегулированный приток МВС) имеет место значимая трендовая корреляция (соответственно $K_d = 3,0 = [3]$, $K_d = 3,44 > [3]$, $K_d = 3,54 > [3]$, $K_d = 3,88 > [3]$). Аналогичная закономерность для годового стока обнаруживается при использовании в расчетах коэффициента ранговой корреляции Спирмена ($\hat{\rho}$). При этом, на реках Истре и Озерне трендовая и ранговая корреляция указывают на возрастание годового стока этих рек во времени ($\hat{r}_{xi} = 0,32$), а на незарегулированном участке МВС – на уменьшение ($\hat{r}_{xi} = - 0,35$). Что касается сезонного стока, то в период половодья трендовая корреляция имеет место и значима для МВС ($K_d = 3,69 > [3]$), внутри которой

Таблица 1. Оценка трендовой и ранговой корреляции стока частных водосборов водохранилищ Московской водохозяйственной системы (МВХС) за период 1914/15 - 2010/2011 г.г. (97 лет)

№ п/п	Частные водосборы водохранилищ	Коэффициент трендовой корреляции				Ранговый критерий Спирмена								
		Год: III-П		Половое: III-V		Межень (всего): VI-П		Год: III-П		Половое: III-V		Межень (всего): VI-П		
		$K_n \geq [3]$	r_{xi}	$K_n \geq [3]$	r_{xi}	$K_n \geq [3]$	r_{xi}	ρ	$t_{набл}$	ρ	$t_{набл}$	ρ	$t_{набл}$	t_{sp}
1	ВВС (р.Волга)	0,128	1,277	-0,160	1,612	0,270	3,0	0,072	0,706	-0,148	1,476	0,280	2,962	0,10
2	ВГТС (р.Вазуза + р.Яуза)	0,278	3,0	0,029	0,289	0,334	3,690	0,256	2,672	0,046	0,448	0,298	3,190	
3	МВС (р.Москва)	-0,019	0,185	-0,335	3,691	0,281	3,0	0,003	0,028	-0,375	4,251	0,344	3,808	
4	Руское	-0,150	1,508	-0,375	4,276	0,156	1,567	-0,164	1,638	-0,410	4,804	0,201	2,039	
5	Истринское	0,316	3,444	-0,174	1,758	0,524	7,071	0,315	3,409	-0,148	1,475	0,577	8,433	
6	Озеринское	0,323	3,535	-0,057	0,557	0,426	5,105	0,317	3,439	-0,066	0,646	0,440	5,325	
7	Можайское	0,257	2,691	0,006	0,055	0,310	3,364	0,248	2,579	0,006	0,062	0,335	3,675	
8	Незарегулированный приток МВС	-0,348	3,875	-0,513	6,820	0,072	0,708	-0,297	3,170	-0,568	8,167	0,143	1,422	
9	МВХС (Всего)	0,143	1,428	-0,163	1,639	0,293	3,142	0,138	1,374	-0,151	1,503	0,308	3,313	

Примечание: ВВС – Верхне-Волжская система (включает приток к Верхневолжскому водохранилищу + боковая приточность на участке от створа Верхневолжского гидроузла до г. Старица + боковая приточность г. Старица – Ивановский гидроузел); ВГТС – Вазузская гидротехническая система (включает приток к Вазузскому водохранилищу + приток к Яузскому водохранилищу); МВС – Московецкая водная система (приток к Русскому водохранилищу + приток к Истринскому водохранилищу + приток к Озеринскому водохранилищу + приток к Можайскому водохранилищу + боковая приточность на участке от створов вышеуказанных 4-х гидроузлов до створа Рублёвского гидроузла - незарегулированный приток МВС); МВХС - Московская водохозяйственная система (ВВС + ВГТС + МВС).

значимость тренда обнаруживается только для реки Рузы ($K_d = 4,28 > [3]$) и для незарегулированного притока МВС ($K_d = 6,82 > [3]$). При этом исследование наличия тренда в сточных рядах в период половодья по ранговому критерию оказалось значимо и для других рек. Однако в отличие от годового стока, сток в период половодья имеет тенденцию на уменьшение. В период межени трендовая корреляция имеет место и значима для всех рек Московского региона за исключением реки Рузы и незарегулированного участка МВС, что подтверждается расчетным значением рангового критерия Спирмена. Оба показателя, трендовая и ранговая корреляция указывают на тенденцию увеличения меженного стока во времени. Так например, сток рек МВС за период половодья сократился на $0,30 \text{ км}^3/97 \text{ лет}$, т.е почти на 30%, а в период межени сток увеличился соответственно на $0,30 \text{ км}^3/97 \text{ лет}$, т.е более чем на 50%.

На основе анализа разностной интегральной кривой годового условно-естественного стока рек Московского региона за период наблюдений (1914/1915 – 2010/2011 гг. ($n=97 \text{ лет}$)) можно выделить достаточно длинный 97-летний полный цикл по водности в её динамике. Аналогичный цикл наблюдается в период половодья и межени, с той лишь разницей, что в межень, как и за год в целом, на разностной интегральной кривой сначала прослеживается ветвь спада, а затем - ветвь подъёма, а в период половодья наоборот, сначала - ветвь подъёма, а затем - ветвь спада, т.е. годовой и сезонный сток представляют собой чередование нескольких периодов маловодных и многоводных лет. При этом переломной точкой на этих разностных интегральных кривых является один и тот же год - 1977/1978 г.

Это со всей очевидностью показывает, что в бассейнах рек Московского региона до 1978 года и после имела место смена фаз водности рек. Одновременно следует отметить, что увеличение меженного стока свидетельствует о роли повышения подземного питания рек этого региона в

меженный период, а это в свою очередь связано с повышением естественной зарегулированности стока рек Московского региона.

Для выявленного глобального цикла водности проведена оценка однородности гидрологических рядов соответствующих ветвей подъёма и спада годового и сезонного стока посредством проверки гипотезы о равенстве средних двух выборок из генеральной совокупности при их известных дисперсиях с помощью критерия Стьюдента и Фишера.

Анализ полученных результатов показал, что практически во всех случаях $t_{\text{набл}} > t_{\text{кр}}$ даже при уровне значимости $\alpha = 0.01$ (99% доверительный интервал), что свидетельствует о статистически значимом различии средних значений и дисперсий исследуемых гидрологических рядов, то есть об их неоднородности. Эту неоднородность можно объяснить как изменением естественно-климатических условий (сменой типа атмосферной циркуляции¹), так и хозяйственной деятельностью как внутри региона (например, распашка с/х земель и связанное с этим увеличение испарения с поверхности почвы и как следствие - сокращение стока), так и в планетарном масштабе (парниковый эффект) [1].

Заключение

Анализ статистических параметров 97-летних стоковых рядов рек Московского региона выявил наличие статистически значимых изменений в динамике стока и его межгодовых связях, что обусловлено как естественно-климатическими, так и антропогенными изменениями гидрологического цикла. В результате можно говорить о стационарности процесса лишь на отдельных отрезках периода наблюдений.

Результаты проведенных исследований показывают, что с водными ресурсами рек Московского региона за прошлое столетие произошли определенные изменения. В качестве основной причины современных

¹ Типы атмосферной циркуляции (по Вангенгейму): во внетропических широтах Северной Атлантики и Евразии — западный (W), восточный (E), меридиональный (С). Первый характеризуется западным переносом в тропосфере, второй — восточным переносом или развитием устойчивого антициклона на материке, третий — сильным междуширотным обменом.

изменений ресурсов местного стока этого региона считается изменение глобального и, как следствие, регионального климата. Это изменение характеризуется значительным увеличением годовых сумм осадков (в большей степени за летне-осенний и зимний период и в меньшей - за период половодья) на фоне повышения средней годовой температуры воздуха, главным образом за счет повышения температуры холодного периода. В результате участились зимние оттепели, промерзаемость почвы уменьшилась, а влажность почвогрунтов зоны активного водообмена – увеличилась. За счет увеличения осадков теплого периода увеличилось также увлажнение почвогрунтов в летне-осенний период. Все это привело к увеличению подземного стока в реки и как следствие к возрастанию их меженного стока и к уменьшению стока половодья.

Литература

1. Исмаилов Г. Х. , Фёдоров В.М. Оценка степени нестационарности временных рядов годового стока рек. // Труды конференции «Современные проблемы стохастической гидрологии». - М.: ИВП РАН, 2000, с. 53 - 57.
2. Эконометрика: практикум / сост. М.Л. Репова; Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. - Архангельск: ИПЦ САФУ, 2012.-48.
3. Шелутко В.А. Численные методы в гидрологии.-Л.: Гидрометеиздат,1991.-238 с.

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО
КОМПЛЕКСА БАССЕЙНА РЕКИ ШУ**

Козыкеева А.Т., доктор технических наук

Мустафаев Ж.С., доктор технических наук

Адилбектеги Г.А., кандидат географических наук

Даулетбай С.Д., докторант PhD

ТАРАЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М.Х.ДУЛАТИ,

г. Тараз, Казахстан

ЕВРАЗИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Л.Н. ГУМИЛЕВА,

г. Астана, Казахстан

На основе информационно-аналитических материалов водохозяйственных организаций в бассейне реки Шу Кыргызской Республики и Республики Казахстан дана оценка современного состояния водных ресурсов и функционирования водохозяйственного комплекса для оценки антропогенной нагрузки на них.

On the basis of research and information materials of aquicultural organizations in a river Shue Kyrgyzstan basin Republics and Republics of Kazakhstan the estimation of the modern state of water resources and functioning of aquicultural complex is given for the estimation of the anthropogenic loading on them.

Актуальность. Бассейн реки Шу - сложная природная система с широким спектром зональных особенностей на равнине и высотной поясностью в горах. Многофакторность формирования условий бассейна определяет специфику функционирования его гидросферы, оказывает влияние на состояние водно-ресурсного потенциала [1-6].

Водные ресурсы реки Шу как необходимый компонент существования биосферы и незаменимый элемент производственно-хозяйственной деятельности человеческого общества испытывают сочетанное воздействие антропогенных факторов различного происхождения и вносят существенный вклад в формирование экологической ситуации на территории.

Объект исследования. Площадь бассейна реки Шу составляет 67.5 тыс. км², в том числе на территории Казахстана - 40,9 тыс. км² (таблица 1).

Таблица 1 – Административное деление бассейна реки Шу

Республика, область	Район	Площадь		Население		
		тыс.км ²	%	человек	км ² /чел	%
Кыргызская Республика,	Панфиловский	4.861	3.36	41754	0.116	3.50
Чуйская область	Жайылский	3.028	2.09	92645	0.033	7.77
	Московский	3.028	2.09	92645	0.033	7.77
	Сокулукский	2.000	1.39	159231	0.012	13.35
	Аламудунский	3.028	2.09	148032	0.020	12.42
	Иссык-Атинский	3.028	2.09	132759	0.023	11.13
	Чуй-Токмакский	1.592	1.10	47017	0.033	3.94
	Кеменский	3.533	2.48	44118	0.080	3.71
Итого		24.098	16.69	758201	0.032	63.59
Республика Казахстан,	Рыскулова	10.500	7.27	61700	0.170	5.20
Жамбылская область	Меркенский	7.100	4.91	74300	0.095	6.23
	Шуский	12.000	8.31	94457	0.127	7.92
	Кордайский	8.973	6.21	128358	0.070	10.77
	Мойынкумский	50.400	34.91	33400	1.509	2.80
	Сарысуский	31.300	21.70	41761	0.749	3.49
Итого		120.273	83.31	433976	0.277	36.41
Всего		144.371	100	1192177	0.121	100

Среднемноголетние годовые стоки реки Шу составляют 4276 млн. м³, а при 75% обеспеченности - 3708 млн.м³ и 95% обеспеченности - 3051 млн. м³.

Располагаемые водные ресурсы реки Шу составляют 4.87 км³, с учетом возвратных вод – 5.68 км³ (таблица 2).

Таблица 2- Обобщенная количественная оценка эксплуатационных водных ресурсов бассейна реки Шу

Республика	Водные ресурсы (км ³)			
	в зоне формирования	источник типа «карасу»	возвратные воды	эксплуатационные ресурсы
Кыргызстан	3.20	1.29	0.81	5.30
Казахстан	0.38	-	-	0.38
Всего	3.58	1.29	0.81	5.68

Территория бассейна реки Шу занимает площадь 225.61 тыс. км², из них 190.81 тыс. км² – на территории Казахстана. Распределение этой площади в разрезе административных районов показано в таблице 3.

Таблица 3 - Состав административных районов в границах бассейна реки Шу

Наименование		Площадь, тыс. кв. км	
Республики	области	всего	то же в %
Кыргызстан	Чуйская	34.8	15.42
Казахстан	Жамбылская	164.56	72.94
	Южно-Казахстанская	7.5	3.3
	Кызылординская	18.75	8.34
Всего		225.61	100

Цель работы заключается в разработке информационно-технологической базы для оценки величины антропогенной нагрузки, в том числе критического характера на водные ресурсы бассейна реки Шу.

Научный подход и методы решения поставленной задачи. В качестве нового подхода мировая наука предлагает интегрированное управление водными ресурсами (ИУВР), которое в свете концепции устойчивого развития территорий позволит более эффективно решать проблемы водообеспечения населения и экономики [7]. Преимуществом подхода ИУВР является возможность сочетанного решения вопросов экологии и охраны водных объектов, с одной стороны, и комплекса водохозяйственных проблем: водodefицита и нехватки вод питьевого качества - с другой в рамках бассейново-ландшафтной методологии [8-9], позволяющей выделить региональные системы водопользования, провести дифференциацию водохозяйственных проблем и методов их решения в зависимости от природно-экологических, бассейново-ландшафтных и социально-экономических характеристик региона.

В рамках предлагаемого научного подхода основополагающим условием является выделение в бассейне реки региональных систем водопользования. Под системами водопользования понимаются исторически сложившиеся формы использования водных ресурсов, нашедшие отражение в особенностях территориальной структуры водопользования, обусловленные природно-зональными чертами, уровнем и характером социально-экономического развития регионов, общностью культурных и национально-этнических условий проживания населения [10].

Управление системами водопользования осуществляется как в пределах административно-территориальных образований, так и в границах водохозяйственных участков (ВХУ). Функционирование рассматриваемых систем зависит от сложившейся структуры хозяйственного использования территорий, расселения населения и особенностей развития водохозяйственной отрасли.

Результаты исследования. Бассейн реки Шу как репрезентативный географический объект, имеющий длительную историю хозяйственного освоения, обеспечен достаточным массивом разновременных данных, которые позволяют проводить комплексные научные исследования по проблемам территориальной организации водопользования (рисунок 1).



Рисунок 1 – Бассейн реки Шу и Талас

Стратегически важные объекты межгосударственного пользования в бассейне реки Шу располагаются на территории Кыргызстана и включают: Орто-Токойское водохранилище объемом 470 млн. м³ и пропускной способностью 275 м³/с, обслуживающее площадь орошаемых земель 120 тыс. га; Обводные Чуйские каналы общей протяженностью 40 км, пропускной способностью 70 м³/с, обслуживающие площадь орошаемых земель 88 тыс.га; Западный Большой Чуйский Канал протяженностью 147 км, пропускной способностью 55 м³/с, обслуживающий площадь орошаемых земель 85 тыс.га; Восточный Большой Чуйский Канал протяженностью 97 км, пропускной способностью 55м³/с, обслуживающий площадь орошаемых земель 41 тыс. га; Чумышский гидроузел пропускной способностью 665 м³/с, обслуживающий площадь орошаемых земель 41 тыс. га.

На территории Жамбылской области Казахстана расположено Тасоткельское водохранилище, мощность наполнения составляет 620 млн. кубических метров воды, которые используются и для полива сельскохозяйственных угодий Шуского и Мойынкумского районов.

Исследование структуры и динамики водопользования бассейна реки Шу с точки зрения бассейнового подхода предполагает разностороннее изучение природных условий формирования водных ресурсов в совокупности с анализом социально-экономической ситуации с выявлением специфики распределения гидрографической сети и поверхностного стока от климатических особенностей, геологического строения, рельефа, растительного покрова.

В бассейне реки Шу имеются значительные площади, пригодные для орошения, то есть порядка 2.6 млн. га, из них не требующие сложной мелиорации -1.77 млн. га. Сдерживающим фактором использования этих земель является дефицит водных ресурсов, которые оказывают отрицательное влияние на все стороны хозяйственной деятельности Казахстанской части бассейна реки Шу [11].

Динамика развития орошения в бассейне реки Шу и его отдельных водохозяйственных зонах приведены в таблице 4.

Таблица 4- Распределение орошаемых площадей по Кыргызстану и Казахстану в бассейне реки Шу (тыс.га)

Территория	Годы по десятилетиям							
	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
По долине реки Шу	272	299	324	386	455	463	443.7	458
из них полито	259	294	319	378	450	437.5	367	422
По Кыргызстану	195	219	240	301	348	353	345	360

из них полиито	189	210	230	292	341	330	283	330
По Казахстану	77	80	84	85	107	110	98.7	98
из них полиито	70	72	78	81	102	104	84	92

В Чуйской области площадь сельскохозяйственных угодий составляет 1355,6 тыс. га, в том числе площадь орошаемых земель - 314,5 тыс.га. Площади орошаемых земель, находящихся в неудовлетворительном состоянии в бассейне реки Шу составляют 52,8 тыс. га, в том числе в Чуйской долине - 51,2 тыс. га, в Кочкорской долине - 1,6тыс. га.

В низовьях бассейне реки Шу на территории Жамбылской области Республики Казахстан площадь сельскохозяйственных угодий составляет 3135.11 тыс. га, в том числе площадь орошаемых земель - 115 тыс.га и из них в неудовлетворительном состоянии составляют 52,8 тыс. га.

Основными водопользователями исследуемого района являются сельское хозяйство (около 82 %), предприятия промышленности (11 %) и жилищно-коммунального хозяйства (7 %).

В настоящее время основная часть водных ресурсов реки Шу используется для орошаемого земледелия, то есть общий объем водозабора бассейна реки Шу приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Объемы водозабора в бассейне реки Шу (млн. м³)

Водозабор	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2005	2010
Всего по бассейну	2955	3627	4510	5235	5424	5929	4470	3011	3401
Кыргызстан	2120	2664	3336	4085	4159	4472	3447	2416	2748
Казахстан	835	962	1173	1149	1266	1457	1023	595	653
Норма орошения тыс. м ³ /га, брутто	5,44	6,81	9,72	9,01	8,41	9,51	8,31	9,29	10,07

Как видно из таблицы 5 , водозабор из реки Шу по мере развития орошения увеличивался и достиг максимума 5.424 км³ к концу 80-ых годов прошлого века и превысил среднемноголетний сток реки в 26% , что происходила за счет повторного использования ирригационных и энергетических сбросов, выклинивающихся естественных грунтовых и возвратных вод.

Основные водные ресурсы в бассейне реки Шу формируются в горных и межгорных впадинах Чон-Кемин и Суусамыр со склонами окаймляющих их хребтов: Иле, Кыргыз, Кунгей, Таласское Ала-Тоо, Суусамыр и Джумгал, где абсолютная высота колеблется от 550 до 4895 м, а водозаборы осуществляются в каналы потребителей Кыргызской Республики и Республики Казахстан, на конечных участках имеются только водозаборы Казахстана (таблица 6).

Таблица 6 – Основные результаты определения безвозвратного изъятия стока в бассейне реки Шу (млн. м³)

Показатели	Годы по десятилетиям							
	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
Восстановленный сток	4240	4742	5336	5275	4505	4854	4673	5374
Безвозвратное изъятие	2305	2756	2931	3246	3471	3794	2861	2365
Низовья Шу	1935	1985	2405	2030	1033	1060	1813	3009
Коэффициент экологического стока	0.456	0.419	0.451	0.385	0.229	0.218	0.388	0.560

Объемы сбрасываемых сточных вод в водные объекты бассейна реки Шу составляют 11,9 млн. м³/год.

Сравнительный анализ водообеспеченности и потребностей населения в воде в границах государств позволил выявить участки с напряженной водохозяйственной ситуацией (таблица 7).

Наиболее сложная обстановка сложилась в пределах Казахстана на территории Жамбылской и Южно-Казахстанской областей, где изъятие ресурсов поверхностных вод достигает 12.2-30.0% (в расчете учитывались среднегодовые расходы реки), подземных – 9,3%. В пределах провинции ситуация усугубляется отсутствием крупных месторождений подземных вод питьевого качества на фоне возрастающих потребностей населения и экономики.

Таблица 7- Оценка степени изъятия водных ресурсов в бассейне реки Шу

Республика	Годы	Забор воды из источника, млн. м ³	Население, чел.	Удельное водопотребление, тыс. м ³ на человек	Доля изъятия водных ресурсов, %
Кыргызстан	1940	2120	482000	4.398	50.0
	1950	2664	560673	4.751	56.2
	1960	3336	639346	5.217	52.5
	1970	4085	718019	5.589	77.4
	1980	4159	754210	5.514	82.3
	1990	4472	796692	5.513	82.1
	2000	3447	770811	4.472	73.7
	2010	2748	803230	3.421	51.1
Казахстан	1940	835	263177	3.173	20.1
	1950	962	273431	3.518	20.2
	1960	1173	295306	3.372	22.0
	1970	1149	318930	3.603	21.8
	1980	1266	344444	3.575	28.1
	1990	1457	372000	3.317	30.0
	2000	1023	366600	2.790	21.9
	2010	653	390500	1.572	12.2

При этом русло рек Шу принимает основную техногенную нагрузку от предприятий - природопользователей, находящихся, порой, на достаточно большом удалении друг от друга и относящихся к различным административно-территориальным единицам (районам, областям и краям). Водотоки при этом выполняют транспортную функцию и переносят токсичные загрязняющие вещества с одних территорий, на которых они были образованы и поступили в водоток, на другие - соседние, которые вынуждены принимать на себя этот токсичный поток. Таким образом, перенос загрязняющих веществ носит трансграничный характер и вызывает целый ряд проблем не только экологических, но и нормативно-правовых, экономических. Следовательно, для решения подобного рода задач, а именно, для совершенствования системы экологического менеджмента, в исследованиях целесообразно применение бассейнового подхода.

На основе систематизации и системного анализа была проведена комплексная оценка природопользования, а именно, выявлены тенденции процессов загрязнения, в результате динамически изменяющейся антропогенной нагрузки, то есть, выявлены доминирующие ингредиенты загрязнения бассейна (таблица 8) [12].

Таблица 8- Изменение ионного состава воды реки Шу (г/л)

Наименование гидропостов	Годы					
	1960	1970	1980	1990	2000	2010
Кочкорка	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.288
Миляфан	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.387
Ташатколь	0.478	0.589	0.600	0.610	0.615	0.613
Амангельды	0.730	0.955	1.208	1.150	1.125	1.115
Уланбель	1.058	1.154	1.545	1.575	1.580	1.600

Гидрохимический режим реки Шу определяется разнообразными физико-географическими условиями района и особенностями химического состава воды притоков. Полученные данные свидетельствуют, что минерализация воды реки Шу возрастает по течению вниз в 2,6 раза.

Анализ минерализации воды по всему течению реки Шу позволил выявить общие закономерности его изменений, которые показывает с увеличением антропогенной деятельности наблюдается ухудшения экологической ситуации и обстановки в низовьях рек, то есть на территории Казахстана.

Таким образом, формирование целостных представлений об антропогенном воздействии на природную систему бассейна реки Шу, являющихся информационно-аналитической базой, характеризующие состояния и обстановки, позволяют дальнейшего изучения процессов и явлений в речных экосистемах с целью предотвращения и минимизации негативных изменений, вызванных природными процессами и под воздействием антропогенной нагрузки, а также планирование мероприятий, направленных на обеспечение экологической безопасности и устойчивости водотоков.

Заключение. Представленное информационно-аналитическое обеспечение бассейна реки Шу способствуют научному пониманию территориальной организации водопользования в речном бассейне, и выступает инструментом оптимизации функционирования водохозяйственного комплекса в целом.

Библиографический список

1. Мустафаев Ж.С. Экологическая оценка продуктивности ландшафтов бассейна реки Шу (Аналитический обзор) [Текст] / Мустафаев Ж.С., Адильбектеги Г.А., Сейдуалиев М.А. – Тараз, 2004.- 81 с.
2. Кирейчева Л.В. Оценка антропогенной нагрузки в бассейне реки Шу [Текст] / Кирейчева Л.В., Козыкеева А.Т., Даулетбай С.Д. //Евразийский Союз Ученых (ЕСУ).- Москва, 2014.- №8.-часть 5.- С. 72-75.

3. Мустафаев Ж.С. Моделирование функционирования водосборов бассейна реки Шу при комплексном обустройстве [Текст] / Кирейчева Л.В., Козыкеева А.Т., Даулетбай С.Д. // Гидрометеорология и экология, 2014.- №2.- С.111-122.

4 . Вагапов Р.И. Рекомендации по водообеспечению природных комплексов низовий реки Шу) [Текст] / Вагапов Р.И., Попова И.А., Вагапова А.Р. – Тараз: КазНИИВХ, 1999. – 24 с.

5. Стародубцев В.М. Влияние орошения на мелиоративные качества речного стока [Текст] / Стародубцев В.М.- Алма-Ата: Наука,1985.- 168 с.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ВОД
ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ
ПРИ ОБОСНОВАНИИ ПРОЕКТОВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ
СООРУЖЕНИЙ**

*Н.П. Карпенко, доктор технических наук, профессор
И.М. Ломакин, кандидат геолого-минералогических наук, профессор
ФГБОУ ВО РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ – МСХА ИМЕНИ К.А.ТИМИРЯЗЕВА»,
г. Москва, Россия*

Аннотация. При обосновании проектов гидротехнических сооружений для оценки геофильтрационных параметров предложено использовать систему данных мониторинговых исследований. Рассмотрена структура мониторинга подземных вод, который является информационной базой для изучения гидрогеологических процессов на объектах природообустройства. Для решения прогнозных задач гидрогеологических условий разработана блок-схема использования базы данных в системе мониторинга подземных вод.

Abstract. In the justification of hydropower facilities to assess geological filtration parameters is proposed to use a system of data monitoring studies. The structure of groundwater monitoring, which is the information base for exploring the hydrogeological processes of environmental engineering. To solve predictive tasks hydrogeological conditions of the developed block diagram using the database in the groundwater monitoring system.

Определение гидрогеологических параметров является необходимым элементом изучения гидрогеологических и инженерно-геологических условий любого объекта предполагаемого строительства, реконструкции или эксплуатации гидротехнических сооружений. Согласно существующим правилам, детальность изучения зависит от стадии проектирования, что относится, прежде всего, к объему исследований.

Состав и методы изучения диктуются типом и назначением объекта, а также сложностью и многообразием геологической ситуации. Назначение объекта и направление исследований должны находиться в прямом соответствии, иначе информация, полученная при выполнении изысканий, окажется недостаточной для дальнейшего использования, а затраты - неэффективными.

Совокупность экспериментальных полевых методов получения информации составляет сущность направления исследований при планировании каждого из них, включая постановку, проведение и интерпретацию результатов эксперимента. Достаточно сравнить отдельные методы получения гидрогеологических характеристик горных пород, чтобы оценить их роль и приоритеты в обосновании проектов различного назначения и гидрогеологических прогнозов [1, 2, 4]:

- промышленное, гражданское, дорожное, гидротехническое строительство;
- гидрогеологическое изучение водоносных систем с целью использования подземных вод для водоснабжения или орошения;
- шахтное, карьерное, тоннельное строительство;
- строительство осушительных, ирригационно-дренажных систем, наливных водохранилищ, где изначально необходимо решение проблем фильтрационных потерь, подтопления и дренирования территорий.

Вопросы оценки надежности гидрогеологического картирования и определения геофильтрационных параметров являются весьма актуальными и довольно активно разрабатываются учеными. Например, С.Ф. Аверьяновым подчёркивалась необходимость учёта количественных характеристик, которые кладутся в основу проекта, используя известные статистические и вероятностные оценки при заданной точности объёма наблюдений, однако единство мнений по данному вопросу отсутствует.

В гидрогеологии и инженерной геологии известны несколько способов планирования испытаний, среди которых наиболее известны методы доверительных интервалов, приближенно-статистический метод Н.В. Коломенского и метод последовательного анализа (А. Вальда). Два последних ограничивают количество испытаний в ходе опробования.

При гидрогеологическом картировании планирование опытно-фильтрационных работ может осуществляться и на эколого-экономической основе, например, рисках подтопления территорий при недостаточно эффективной работе дренажа, при переосушении торфяников, при нарушении устойчивости элементов сооружений и др. [2].

В качестве основы выбора расчетных характеристик в задачах гидрогеологического прогноза и природообустройства используются результаты опытно-фильтрационных работ (ОФР) и опытно-фильтрационных наблюдений (ОФН) за динамикой уровня подземных. Решение обратных задач по оценке параметров среды предполагает ее характеристики неизменными (осредненными) в границах действия возмущающего фактора, а значит, чем ближе условия решения прямых и обратных задач, тем меньше влияние некорректности и масштабного эффекта. Однако полное совпадение условий, реально невыполнимо, что, обычно, заменяется дискретным определением параметров среды в относительно однородном объеме и выбором расчетного значения. На выбор расчетного значения параметра среды влияют: способ определения, однородность и объем выборки, а также способ осреднения. Количество определений диктуется типом решаемой задачи, изменчивостью искомого признака, необходимой точностью, связанной с допустимым риском [3].

Тематика определения гидрогеологических и гидрохимических параметров преимущественно по данным ОФР занимает заметное место в исследованиях Н.Н. Веригина, В.Д. Бабушкина, В.М. Шестакова, В.А. Мироненко, Л.С. Язвина, а также других отечественных и зарубежных авторов.

Определение величин емкости и водопроницаемости так же, как и других параметров среды в натуральных условиях, относится к классу некорректных обратных задач. В общем случае, можно лишь с достаточной долей условности говорить о возможности точной оценки рассматриваемых показателей, тем не менее, единственным средством решения этой проблемы следует признать натурные (полевые) эксперименты, в которых воздействие на грунты или грунтовые воды вызывается искусственными или естественными причинами.

При планировании и постановке указанных работ следует априорно ориентироваться на представление о среде, как фильтрационно-анизотропной внутри каждого элемента неоднородности, подтверждая или отрицая принятую гипотезу, в зависимости от результатов анализа полученных данных. Проверка и уточнение отдельных методических положений на критериальной основе не может быть реализована без экспериментальных результатов, полученных в полевых условиях. Успешному решению задачи во многом могут способствовать данные мониторинговых наблюдений, которые являются информационной базой для изучения соответствующих гидрогеологических процессов на объектах природообустройства [5].

Подземные воды, являющиеся одновременно частью недр и частью общих водных ресурсов, представляют собой ценнейшее полезное ископаемое, использование которого в экономике и социальной сфере и, главным образом, для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населения с каждым годом возрастает. В условиях постоянно возрастающей нагрузки на природную среду и прогрессирующего загрязнения поверхностных вод расширение использования подземных вод не имеет альтернативы. В то же время, нерациональная эксплуатация подземных вод может приводить к загрязнению и истощению водоносных горизонтов, являться причиной выхода из строя водозаборных сооружений и т.д. Поэтому особую актуальность приобретает создание системы мониторинга подземных вод и контроля их состояния.

При обосновании проектов гидротехнических сооружений для оценки геофильтрационных параметров предлагается использовать данные

мониторинговых исследований. Наиболее эффективным методом получения гидрогеологической информации и осуществления контроля состояния подземных вод является организация и ведение мониторинга подземных вод, представляющего собой систему наблюдений, оценки и прогнозирования изменений состояния подземных вод под воздействием антропогенных и природных факторов.

Организация и ведение мониторинга подземных вод позволяет [5]:

- проводить контроль и своевременно получать необходимую информацию об изменениях качества подземных вод;
- осуществлять контроль и отслеживать положение гидродинамического уровня подземных вод в эксплуатационных скважинах;
- давать оценку изменения гидродинамического и гидрохимического режима подземных вод при антропогенных воздействиях;
- оценивать влияние регионального водоотбора на состояние подземных вод конкретного водозабора;
- составлять прогнозы изменения гидрогеологических условий на основании комплекса показателей подземных вод;
- предусматривать необходимые мероприятия для предотвращения загрязнения и истощения подземных вод;
- управлять режимом эксплуатации водозаборных сооружений.

В рамках мониторинговых исследований определяется порядок организации и ведения мониторинга подземных вод на мелких водозаборах и одиночных эксплуатационных скважинах. В рамках же задач, стоящих в вопросах надежности гидрогеологического картирования, рассматриваются задачи, характерные для локального мониторинга в границах речного бассейна. В результате контроля реакции гидрогеологической среды на естественные или антропогенные (эксплуатационные) возмущения, целесообразно уточнять и проверять существующие рекомендации по обоснованию инженерных решений [2].

Основным блоком в системе мониторинга подземных вод является блок прогнозирования гидрогеологических условий.

Решение прогнозных задач гидрогеологических условий для этих объектов в системе мониторинга предопределяет использование определенной информационной базы данных, блок-схема которой представлена на рисунке.

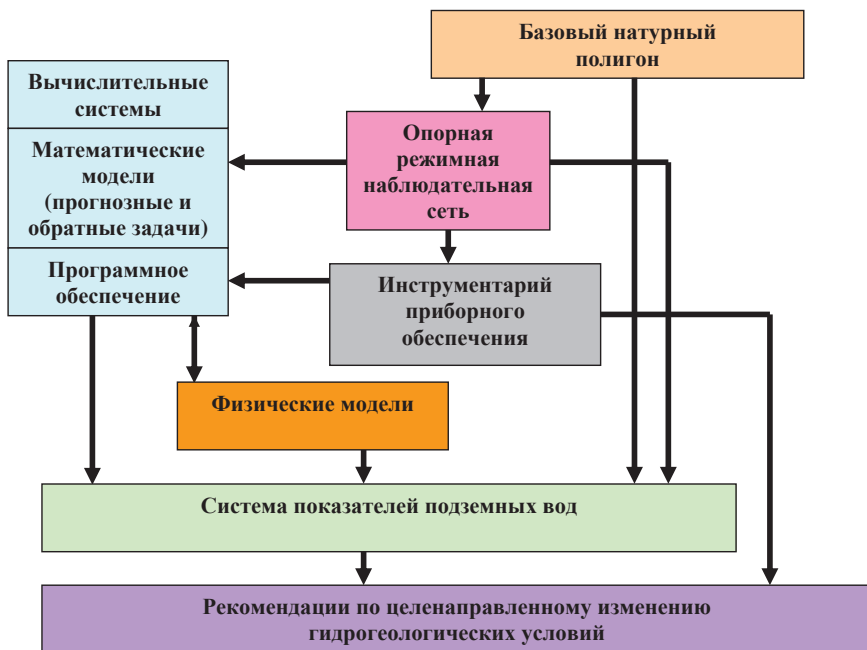


Рисунок. Блок-схема для использования базы данных в системе мониторинга подземных вод

Для реализации основных задач ведение мониторинга подземных вод включает выполнение следующих функций:

- организация мониторинга подземных вод;
- проведение систематических наблюдений за состоянием подземных вод с целью получения данных, характеризующих водоносные горизонты и заключенные в них подземные воды;

- контроль режима и отбора подземных вод водозаборными сооружениями;
- контроль технического состояния водозаборных сооружений;
- контроль зон санитарной охраны водозаборов подземных вод.

В блоке системы контроля и наблюдений на мелких водозаборах и одиночных эксплуатационных скважинах проводятся следующие наблюдения [5].

1. Наблюдения за эксплуатируемым водоносным горизонтом непосредственно в водозаборных скважинах. Основные контролируемые показатели – величина водоотбора (дебит водозаборной скважины), уровень и температура подземных вод, химический состав, физические свойства подземных вод и микробиологические характеристики);

2. Наблюдения за уровнем подземных вод в водозаборных скважинах. Основные контролируемые показатели – гидродинамические уровни подземных вод.

3. Наблюдения за температурой подземных вод в водозаборных скважинах. Наблюдения следует проводить главным образом на участках, где может наблюдаться тепловое загрязнение подземных вод, а также в районе развития многолетнемерзлых пород. Контроль и наблюдения проводятся одновременно с наблюдениями за уровнем подземных вод, а измерения осуществляются специальными приборами (водяными термометрами, электронными регистраторами температур).

4. Наблюдения за качеством подземных вод (проводятся в соответствии с требованиями ГОСТа 2761-84 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения», СанПиНа 2.1.4.544-96 «Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников» и СанПиНа 2.1.4.559-96 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»). Основные контролируемые показатели – обобщенные показатели органолептических и санитарно-токсикологических свойств воды.

5. Наблюдения за техническим состоянием водозаборных скважин. Проводятся в соответствии с «Правилами технической эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных пунктов». Основные контролируемые показатели – состояние обсадных труб, водоприемной части скважины, насосного оборудования, глубина скважины и т.д.

6. Наблюдения за состоянием зоны санитарной охраны водозабора. Обследование проводится совместно с представителями Госсанэпиднадзора зоны санитарной охраны водозабора с целью выявления источников возможного загрязнения подземных вод и проверки соблюдения установленного регламента хозяйственной деятельности в этой зоне.

На основе данных мониторинговых наблюдений оцениваются гидрогеологические параметры в сравнении с результатами прямых методов определений. Известно, что частные показатели опробования, считаются более точными и надёжными, что в действительности не совсем так. Общепризнанными считаются следующие группы ошибок: аналогии, связанные с ошибками статистических оценок неоднородного массива; методические ошибки, связанные за счёт недоучета реальной обстановки или процесса (набухающие глины, дренаж); метрологические ошибки, связанные за счёт погрешностей в ходе эксперимента [1].

Наиболее существенными оказываются ошибки аналогии и методические, причем, последние, возникающие на каждом этапе схематизации природной среды, могут быть значительными. Размер методической ошибки определяется абсолютной величиной водопроницаемости, которая может быть различной в зависимости от характера сложения массива и способа опробования. Важнейшим путём снижения величины методических ошибок является обоснование соответствия среды и способов изучения её характеристик. Иными словами изучение должно базироваться на результатах геолого-литологического анализа, оценки структурных и текстурных особенностей объекта изысканий [4].

В практике гидрогеологических расчётов привычным является замена реального неоднородного массива горных пород моделью однородной среды, которая взаимодействует с проектируемым сооружением, как реальный неоднородный массив. Однако в общем случае решение инженерных задач требует введения в расчёт моделей, учитывающих неоднородность физического поля. При замене неоднородного массива однородной моделью всегда предполагается осреднение с помощью аппарата математической статистики с целью выбора эффективного показателя свойств. Под эффективным показателем понимают значение параметра, обеспечивающее удовлетворительное сходство процесса в реальном и однородном массиве. Обычно, сравнение идёт по величинам напоров или понижений. Если учесть, что в общем случае эффективным параметр не совпадает с математическим ожиданием, то становится очевидной трудность получения его расчётным путём в обычно сложных природных условиях [6, 7].

Необходимость совместного рассмотрения вопросов выбора структурной модели или эффективного показателя свойств пористых сред в согласовании с размерами неоднородности, как правило, требует дополнительных исследований на действующем объекте природообустройства.

Выводы. При обосновании проектов гидротехнических сооружений для оценки геофильтрационных параметров целесообразно использовать данные мониторинга, представляющего собой систему наблюдений, оценки и прогнозирования изменений состояния подземных вод под воздействием антропогенных и природных факторов. Для решения прогнозных задач гидрогеологических условий разработана блок-схема использования базы данных в системе мониторинга подземных вод.

Ведение мониторинга подземных вод предусматривает выполнение следующих функций: проведение систематических наблюдений за состоянием подземных вод с целью получения данных, характеризующих водоносные горизонты и заключенные в них подземные воды; контроль режима и отбора подземных вод водозаборными сооружениями; контроль технического

состояния водозаборных сооружений; контроль зон санитарной охраны водозаборов подземных вод.

Библиографический список

1. **Жабин В.Ф., Манукьян Д.А., Карпенко Н.П.** Особенности и учет вертикальной анизотропии водоносных отложений в фильтрационных расчетах и задачах подпора. – М.: Вестник РАСХН, 2011, №3. С. 5-8.
2. **Жабин В.Ф., Карпенко Н.П., Ломакин И.М.** Особенности определения гидрогеологических характеристик анизотропных сред для расчета дренажа. – Научно-практический журнал «Природообустройство», 2010, № 3. С. 80-87.
3. **Жабин В.Ф., Карпенко Н.П., Ломакин И.М.** Фильтрационная расчетная схематизация тонкослоистых сред и надежность инженерных решений. – Научно-практический журнал «Природообустройство», 2013, №2. С. 65-71.
4. **Жабин В.Ф., Карпенко Н.П., Ломакин И.М.** Формирование гетерогенной среды и регулирование режима грунтовых вод в задачах природообустройства. Монография. – М.: МГУП, 2013. 208с.
5. **Манукьян Д.А., Карпенко Н.П.** Теория и методология ведения мониторинга техноприродных систем. Монография. – М.: МГУП, 2009. 307с.
6. **Шестаков В.М.** Теоретические основы оценки подпора, водопонижения и дренажа. – М.: МГУ, 1965. 233с.
7. **Шестаков В. М.** Методика оценки ресурсов подземных вод на участках береговых водозаборов /Шестаков В.М., Невечеря И.К., Авилина И.В./ – М.: МГУ, 2009. 192с.

УДК 631.671:631.43

ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ГИДРОЛАНДШАФТНОЙ СИСТЕМЫ В НИЗОВЬЯХ РЕКИ СЫРДАРЬИ

Ж.С. Мустафаев, доктор технических наук

А.Т. Козыкеева, доктор технических наук

Н.П. Карпенко, доктор технических наук

Ж.Е. Ескермесов, докторант PhD

ТАРАЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М.Х.ДУЛАТИ,

г. Тараз, Казахстан

ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ

УНИВЕРСИТЕТ- МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗОВА», г. Москва, Россия

На основе анализа показателей хозяйственного использования территории бассейна в низовьях реки Сырдарья проведена оценка антропогенной нагрузки на ландшафтную систему и выделено четыре ее группы интенсивности - от низкой (4 балла) до очень высокой (8 баллов).

On the basis of analysis of indexes of the economic use of territory of pool in lower reaches of the river of Syr-darya the estimation of the anthropogenic loading is conducted on the landscape system and four her groups of intensity are distinguished - from subzero (4 points) to very high (8 points).

Актуальность. В настоящее время в бассейне реки Сырдарья сложилась катастрофическая водно-экологическая обстановка, что объясняется, прежде всего, его трансграничным положением, а также приуроченностью нижней части бассейна к засушливым внутриконтинентальным районам, где река почти не принимает притоков. Усугубляет ситуацию то, что именно на этих участках в пределах Казахстана реки Сырдарья является основной водной артерией и источником водообеспечения населения и различных отраслей хозяйства, к его долине

тяготеют основные ареалы заселённости, а также промышленной и сельскохозяйственной освоенности. Нерациональная хозяйственная деятельность на водосборе, включая использование водных ресурсов, также оказывает большое влияние на экологическое состояние бассейново-речной системы в низовьях реки Сырдарьи [1].

Цель исследования. На основе анализа систем природопользования в низовьях бассейна реки Сырдарьи проводить оценку уровня совокупной антропогенной нагрузки для эколого-экономического районирования территории Кызылординской области.

Объект исследования. Кызылординская область расположена к востоку от Аральского моря в нижнем течении реки Сырдарьи, в основном в пределах Туранской низменности (высота 50-200 м). [2].

Кызылординская область административно разделена на семь районов, то есть Жанакорганский, Аральский, Казалинский, Кармакшинский, Жалагашский, Сырдарьинский, Шиелийский и Жанакорганский (рисунок 1).



Рисунок 1 – Административная карта Кызылординской области

Жанакорганский район расположен на юго-востоке области, на западе граничит с Шиелийским районом, на востоке - с Южно-Казахстанской областью, а на юге - с Узбекистаном. Территория района составляет - 16,6 тыс. км², что составляет 6,8 процентов от всей территории области. Река Сырдарья пересекает территорию района. Левобережная, южная часть района - песчаная пустыня Кызылкумы. В северной части района расположены предгорья и южные склоны хребта Каратау. Основной деятельностью населения района является сельское хозяйство и животноводство.

Шиелийский район расположен в юго-восточной части Кызылординской области, рельеф территории равнинный и общая площадь составляет 18,2 тыс. км². По территории Шиелийского района протекает река Сырдарья и ее притоки Шиелии и Ширкейли.

Сырдарьинский район расположен в центральной части Кызылординской области и общая занимаемая площадь - 56,6 тыс. км². Рельеф территории равнинный и в центральной части района от востока по северо-западному направлению протекает река Сырдарья. На территории района расположены соленые озера Телекол, Арыс и другие.

Жалагашский район расположен в центральной части Кызылординской области и общая площадь составляет 23,6 тыс. км². Рельеф района равнинный, иногда встречается песчаные холмы и бугоры, а также тугайные ландшафты. В центральной части района от востока по направлению запада протекает река Сырдарья и его притоки Караозек и Мадениет, а также находятся соленые озера Бакаш, Жынгылдыкол, Сарыкол и Майкол. В целом район расположен в очень засушливой пустыне.

Каршакинский район расположен в юго-западной части Кызылординской области и общая площадь составляет 29,2 тыс. км². Рельеф спокойный и равнинный, иногда встречаются песчаные холмы и бугоры. В центральной части района с востока по направлению запада пересекает река Сырдарья.

Казалинский район расположен в западной части Кызылординской области и общая площадь составляет 37 тыс. км². Земля Казалинского района песчаная, пустынная и луговая равнина. На территории района расположены соленые озера Кокшеккол, Котанкол и другие.

Аральский район расположен в западной части Кызылординской области и общая площадь составляет 56.6 тыс. км². Рельеф района равнинный, является частью Туранской низменности, абсолютная отметка поверхности земли 50-100 м. Территория района по направлению от востока со стороны запада протекает река Сырдарья, а также расположены озера Жакшыкылыш и Камысбасы.

Методика исследования. Для анализа водохозяйственной обстановки в низовьях бассейна реки Сырдарьи была проведена оценка степени антропогенной нагрузки на ландшафтные системы и для определения остроты проявления проблем водопользования выполнен расчёт показателя водного стресса.

При оценке антропогенной нагрузки учитывались две группы показателей: прямого (непосредственного) и косвенного (опосредованного) воздействия на низовья бассейна реки Сырдарьи. Косвенное, площадное воздействия на бассейн реки проявляется в виде антропогенных нагрузок на ландшафтные системы, связанных с заселением территории, хозяйственной деятельностью жителей, промышленной или сельскохозяйственной специализацией экономики [3].

В качестве основных (базовых) показателей применялись: плотность населения на водосборной территории, плотность промышленного производства (объём производимой в регионе промышленной продукции в тыс. долларах, приходящийся на 1 км²) и сельскохозяйственная освоенность, включающая распаханность (%) и животноводческую нагрузку (количество условных голов на 1 км²). Расчёты проводились с административной привязкой в границах Кызылординской области в разрезе районов.

Используемые показатели группировались по видам антропогенных воздействий - демографических, промышленных и сельскохозяйственных. Сельскохозяйственная нагрузка получена как среднеарифметическое значение балльных оценок интенсивности земледельческой (распаханность) и животноводческой нагрузок. Совокупная антропогенная нагрузка определялась как среднеарифметическое значение баллов демографической, промышленной и сельскохозяйственной нагрузок. Для каждого из показателей принята восьмибалльная условная шкала интенсивности антропогенной нагрузки (таблица 1), в основу которой положена методика А.Г. Исаченко [4].

Таблица 1- Шкала основных показателей для зонирования территории по степени антропогенной нагрузки

Интенсивность нагрузки, балл	Показатели			
	Плотность населения, чел/км ²	Плотность промышленного производства, тыс. дол/км ²	Распаханность, %	Животноводческая нагрузка, усл. гол/км ²
Незначительная и отсутствует (1)	0.0	0.0	0.0	0.0
Очень низкая (2)	<0.10	<0.35	<0.10	<0.10
Низкая (3)	0.20-1.00	0.36-3.50	0.20-1.00	0.20-1.00
Пониженная (4)	1.10-5.00	3.60-35.0	1.10-5.00	1.10-2.00
Средняя (5)	5.10-10.0	36.0-105.0	5.10-15.0	2.1-3.0
Повышенная (6)	10.1-25.0	106.0-140.0	15.1-40.0	3.1-6.0
Высокая (7)	25.1-50.0	141.0-170.0	40.1-60.0	6.1-10.0
Очень высокая (8)	>50.0	>170.0	>60.0	>10.0

Прямые воздействия на водные объекты определяются исходя из объёмов изъятия речного стока и сброса сточных вод, а также расчёта показателя водного стресса.

Оценка водного стресса (данный термин (water stress) в настоящее время широко используется за рубежом при характеристике водно-экологических ситуаций) определяется соотношением забора воды из поверхностных водных источников к доступным возобновляемым водным ресурсам. Если это отношение менее 10 %, то водный стресс не наблюдается: при 10-20 % существует слабая нехватка воды, при 20-40 % – умеренная, превышение 40 % означает высокий уровень вододефицита [5].

Результаты исследования. Информационно-аналитические материалы для оценки техногенной нагрузки ландшафтных систем в низовьях реки Сырдарья, то есть Кызылординской области в разрезе районов приведены в таблице 2 [6].

Как видно из таблицы 2, кроме Сырдарьинского района, валовые продукции формируются за счет деятельности аграрного сектора и следовательно во много зависят от продуктивности сельскохозяйственных культур и их площади, которые занимают в сельскохозяйственном обороте.

Таблица 2 – Социально-экономические показатели Кызылординской области [6]

Административный район	Площадь, тыс.км ²	Население, тыс.чел	Валовая продукция, тыс. доллар	Площадь орошаемых земель, тыс. га	Животноводство, голов
Аральский	55.20	73.6	35087	0.2	179477
Жалагашский	22.90	36.4	10780	30.5	84090
Жанакорганский	15.40	75.7	76227	29.3	252115

Казалинский	37.60	112.1	40000	19.1	138756
Кармакшинский	31.00	52.2	21913	21.4	80043
Сырдарьинский	31.50	285.9	68818087	39.0	78507
Шиелийский	32.40	77.0	112087	24.0	146866

На основе информационно-аналитических социально-экономических данных Кызылординской области в разрезе административных районов (таблица 2) определены техногенные нагрузки в результате антропогенной деятельности (таблица 3).

Таблица 3- Оценка антропогенной (техногенной) нагрузки на территории Кызылординской области (в низовьях реки Сырдарья)

Административный район	Показатели техногенной нагрузки				Оценка
	Плотность населения, чел/км ²	Плотность промышленного производства, тыс. доллар/км ²	Распаханность, %	Плотность животноводства, голов/км ²	
Аральский	1.1333	0.6356	0.0035	3.251	низкая
Жалагашский	1.5895	0.4707	0,1332	3.572	средняя
Жанакорганский	4.3156	4.9498	0.1903	15.371	высокая
Казалинский	2.3814	1.0638	0.0508	4.476	высокая
Кармакшинский	1.5838	0.7068	0.0690	2.582	средняя
Сырдарьинский	9.0792	2184.7012	0.1238	2.492	Очень высокая
Шиелийский	2.3765	3.4595	0.0740	4.533	высокая

На основе системного анализа данных приведенных в таблице 3 по уровню совокупной антропогенной нагрузки на территорию трансграничного бассейна в низовьях реки Сырдарьи выделено четыре ее группы интенсивности - от низкой (4 балла) до очень высокой (8 баллов).

Низкая антропогенная нагрузка (4 балла) наблюдается на территории Аральского района Кызылординской области, где плотность населения равно 1.1333 чел./км², плотность промышленного производства - 0.6356 тыс. доллар/км². Территория характеризуется наименьшей для рассматриваемых трансграничных бассейнов сельскохозяйственной освоенностью с уровнем распашки 0.0035 % и животноводческой нагрузкой около 3.251 условных голов /км².

Средняя антропогенная нагрузка (5 баллов) характерна для самой многочисленной группы, в которую вошли Жалагашский и Кармакшинский район, где плотность населения составляет 1.5838 -1.5895 чел./км², плотность промышленного производства изменяется от 0.4707 до 0.7068 тыс. доллар/км², уровень распашки - от 0.0690 до 0,1332 %, животноводческая нагрузка - от 2.582 до 3.572 условных голов/км².

Высокая антропогенная нагрузка (7 баллов) наблюдается в пределах Жанакорганского, Казалинского и Шиелийского района. Это наиболее плотно заселенная и сельскохозяйственная освоенная часть бассейна в низовьях реки Сырдарьи, где плотность населения от 2.3814 до 4.3156 чел./км²) и промышленного производства от 1.0638 до 4.9498 тыс. доллар/км², уровень распашки от 0.0508 до 0.1903 %, то есть на данном участке достигают максимума, высок и уровень животноводческой нагрузки – от 4.476 до 15.371 условных голов/км².

Очень высокая антропогенная нагрузка (8 баллов) наблюдается только в пределах Сырдарьинского района, где расположен город Кызылорда. Это наиболее плотно заселенная и промышленно освоенная часть области, то есть бассейн в низовьях реки Сырдарьи, где плотность населения - 9.0792 чел./км² и промышленного производства - 2184.7012 тыс. доллар/км², уровень распашки

- 0.1238 % , высок и уровень животноводческой нагрузки - 2.492 условных голов/км².

На основе систематизации природопользования и показателей совокупной антропогенной нагрузки составлена картосхема эколого-техногенного районирования бассейна в низовьях реки Сырдарьи (рисунок 2).

В целом по геоэкологической нагрузке в результате антропогенной деятельности территория Кызылординской области - достаточно высокая, то есть бассейн в низовьях реки Сырдарьи относится к регионам с высокими техногенными нагрузками.



Рисунок 2- Эколого-техногенное районирование бассейна в низовьях реки Сырдарьи (территория Кызылординской области)

В целом для бассейна трансграничных рек реки Сырдарьи характерно возникновение дефицита воды, как на локальном, так и региональном уровнях и высокая степень ее загрязнения. Совокупная антропогенная нагрузка на территорию бассейна реки Сырдарьи увеличивается вниз по течению рек, достигая наибольших величин в регионах Кызылординской области.

В связи со сложившимися системами природопользования с преимущественным развитием агропромышленного комплекса в верховьях и в среднем течении реки Сырдарьи проблема загрязнения воды наиболее всего проявляются в средней части бассейна, в основном за счет сброса высоко минерализованных коллекторно-дренажных вод.

Заключение и рекомендации. Выполненное эколого-экономическое районирование территории, на основе оценки техногенной нагрузки в результате антропогенной деятельности может послужить основой для разработки ряда мероприятий, направленных на решение водохозяйственных проблем в бассейне трансграничной реки Сырдарьи.

Библиографический список

1. Мустафаев Ж.С. Бассейн Аралского моря: прошлое, настоящее и будущее [Текст]/ Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т. - Тараз, 2012.-318 с.
2. Мустафаев Ж.С. Ландшатно-экологическое обоснование адаптивного мелиоративного режима почвы при реконструкции техногенных нарушенных природных систем в низовьях реки Сырдарьи (Аналитический обзор) [Текст]/ Мустафаев Ж.С., Умирзаков С.И., Ахметов Н.Х., Сейдуалиев М.А., Сагаев А.А., Козыкеева А.Т., Мустафаева Л.Ж.- Тараз, 2002.- 102 с.
3. Рыбкина И.Д., Стоящева Н.В., Курепина Н.Ю. Методика зонирования территории речного бассейна по совокупной антропогенной нагрузке (на примере Обь-Иртышского бассейна) [Текст]/ Рыбкина И.Д., Стоящева Н.В., Курепина Н.Ю. // Водное хозяйство России. – 2011. – № 4. - С. 42-52.
4. Исаченко А.Г. Экологическая география России [Текст]/ Исаченко А.Г. – СПб.: Издательский дом СПбГУ, 2001. – 8 с.
5. Данилов-Данильян В. И. Потребление воды: этологические, экономические, социальные и политические аспекты [Текст]/ Данилов-Данильян В. И., Лосев К. С. - М.: Наука, 2006. - 221 с.
6. Сельское, лесное и рыбное хозяйство Казахстана (статический сборник) [Текст].- Астана, 2010.- 238 с.

**«ПРИРОДНЫЙ КАПИТАЛ» ЭКОСИСТЕМЫ БАССЕЙНА
РЕКИ ТАЛАС**

Ж.С. Мустафаев, доктор технических наук

А.Т. Козыкеева, доктор технических наук

М.К. Ешмаханов, кандидат географических наук

Н.А. Турсынбаев, докторант PhD

ТАРАЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М.Х.ДУЛАТИ, г.

Тараз, Казахстан

ТАРАЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ,

г. Тараз, Казахстан

На основе систематизации и системного анализа материалов «Казгидромет» и «Кыргызгидромет» определены почвенно-продукционный потенциал, «природный капитал» и природные экологические услуги речного бассейна Талас.

On the basis of systematization and analysis of the systems of materials of «Kazgidromet » and «Kyrgyzgidromet» soil-productional potential, «natural capital» and natural ecological services of river pool, is certain Talas.

Актуальность. В настоящее время состояние биосферы становится важнейшим эколого-экономическим индикатором макроэкономического развития регионов. Мировое сообщество ориентируется на адекватный учет не только экономических и социальных, но и экологических показателей развития. В связи с возрастающей угрозой деградации природы и полной ассимиляции экономических, социальных и экологических проблем на первый план выдвигается необходимость межгосударственного взаимодействия, учитывающего «экосистемные услуги».

В этой связи актуальным становится поиск интегральных мониторинговых показателей оценки биосферных функций природных экосистем. С точки зрения эколого-экономических показателей, характеризующих структуру и функционирование экосистем, на первый план выходят параметры почвенного плодородия и продуктивности растительного покрова, которые в течение длительного времени изучались с позиций биосферных и средообразующих функций.

В настоящее время пристальное внимание уделяется проблеме изменения продуктивности растительного покрова, связанное также с глобальной трансформацией климата. В то же время антропогенная трансформация экосистем, связанная в основном с изменениями в структуре землепользования и влиянием человека на плодородие почв, развивается в значительной мере независимо от климатических процессов и способна кардинально повлиять на продуктивность растительного покрова не только на локальном, но и на региональном и даже на глобальном уровнях.

Цель работы – на основе комплексной оценки почвенно-продукционного потенциала на основе бассейнового подхода разработка научно-методических положений и практических рекомендаций, направленных на формирование и дальнейшее развитие экологических услуг.

Объектами исследования явились экосистемы трансграничного бассейна реки Талас, расположенный на территории Кыргызстана и Казахстана.

Общая площадь бассейна реки Талас составляет 52.7 тыс. км², в том числе 11.43 тыс. км² (21,7%) в пределах Кыргызстана и 41.27 тыс. км² - в пределах Казахстана.

Состояние изучения проблемы. В настоящее время нет единого мнения относительно определения «экологическая услуга». Однако наиболее близким по смыслу, отражающим сущность экологической услуги как услуги особого вида, можно назвать следующее определение: услуги экологического характера - это мероприятия, осуществляемые различными организациями

(учреждениями) на коммерческой, договорной или безвозмездной основе по реализации природоохранной деятельности для сторонних объектов [1].

Экосистемными услугами называются «материальные, энергетические и информационные потоки, порождаемые запасами природного капитала, которые в сочетании с произведенным и человеческим капиталом обеспечивают благосостояние человечества».

Методика исследования. Бассейн реки Талас имеет полузамкнутый способ организации с четко выраженными границами, где ведущую системообразующую роль здесь играет речной сток, он формирует экосистему речного бассейна через распределение водных ресурсов, особенности рельефа и микроклимата, тем самым влияя на почвенный покров и растительность, которые составляют «природный капитал» региона.

Природный капитал - запас природных производственных ресурсов, которыми наделено общество и которые могут использоваться в производственных целях, не нарушая экологической устойчивости природной среды и материальной среды «экологической услуги».

Результаты исследований. Основной природоохранный объект - природный ландшафт, которые по определению В.И.Вернадского, он представляет собой совокупность взаимодействия четырех геосфер: атмосферы (воздуха), гидросферы (воды), литосферы (земли) и биосферы (животного и растительного мира). Поэтому для оценки экологической услуги речных бассейнов можно использовать показатель экологической продуктивности ландшафтов [2].

Для комплексной характеристики состояния почвенного и растительного покровов экосистем можно использовать концептуальную модель экологической оценки продуктивности ландшафтов, включающая [2]:

- модель экологической оценки продуктивности ландшафтов ($K_{\text{э}} = K_p \cdot K_n$), которая определяется соотношением таких осредненных индикаторных величин, как коэффициент продуктивности растений ($K_p = Y_i / ПУ$, где

$ПУ = R \cdot \eta_{ЭН} / C$; $ПУ$ - потенциальная продуктивность растений; C - калорийность единицы урожая органического вещества; $\eta_{ЭН}$ - коэффициент использования свободной энергии; $У_i = ПУ \cdot \eta_6 = R \cdot \eta_{ЭН} / C \cdot \bar{R}$; \bar{R} - радиационный «индекс сухости»), с учетом потенциальной возможности использования свободной энергии ($\eta_{ЭН} = k_{ФАР} / 100$; $k_{ФАР}$ - коэффициент использования растениями активной фотосинтетической радиации) и атмосферной влаги (η_6) и почвы ($K_n = Q_i / Q_n$, где Q_i - энергия, затрачиваемая на почвообразование, кДж/см²; $Q_i = R \cdot \exp(-\alpha_o \cdot \bar{R})$; α_o - коэффициент, учитывающий состояние поверхности почвы; $Q_n = R \cdot \exp(-0.9 \cdot \alpha_o)$), определяющихся на основе затрат энергии на почвообразовательный процесс;

- интегральную модель экологической оценки продуктивности ландшафтов, представляющую собой биоэнергетический ресурс природной системы, выраженную через продуктивности растений и почвы, которые определяются по выражению $\overline{ПОЗ}(\bar{R}) = \bar{S}(\bar{R}) \cdot \overline{П}(\bar{R}) \cdot K_{62} \cdot K_S \cdot K_t \cdot K_C$ (где K_{62} - коэффициент, характеризующий длительность вегетационного периода растений; K_S - коэффициент, характеризующий гидрогеохимический режим ландшафта; K_t - коэффициент, характеризующий температурный режим ландшафта; K_C - коэффициент, характеризующий качество воды речных бассейнов) и в этой модели использованы изменения интегрального показателя продуктивности как критерия, определяющего положение границ агроландшафтов;

- модель биоэкологической оценки продуктивности ландшафтов ($\overline{П6Э} = K_{6Э} \cdot K_y$), которая определяется с помощью совокупности коэффициента использования биоэнергетических ресурсов растений ($K_{6Э} = R \cdot \eta_{ЭН} / БП$, где $БП$ - биоэнергетический потенциал растений, 2500 ккал/(м² год); $\eta_{ЭН}$ - коэффициент использования свободной энергии, который в естественных условиях равен 0.005;) и эффективности использования атмосферных осадков ($K_y = O_c / E_o$; O_c - атмосферные осадки, мм; E_o - испаряемость, мм).

На основе систематизации и системного анализа информационно-аналитических материалов «Казгидромет» и «Кыргызгидромет» определены экологическая, биоэкологическая и биоэнергетическая продуктивности ландшафтной системы бассейна реки Талас, которые приведены в таблицах 1-4.

Таблица 1 – Энергетические ресурсы природной системы бассейна реки Талас

Метеостанция	H , м	R , кДж/см ²	\bar{R}	Количественная оценка продуктивности компонентов ландшафтов			
				растений (ц/га)		почвы (кДж/см ²)	
				$ПУ$	$У_i$	Q_i	Q_n
Горный класс ландшафтов							
Акташ	2000	156.3	1.31	93.78	52.06	84.4	97.7
Предгорный подкласс ландшафтов							
Талас	1220	164.2	3.00	98.52	32.09	40.0	102.6
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов							
Жуалы	952	147.7	3.60	88.62	31.52	79.8	93.7
Тараз	642	170.9	5.00	102.54	24.24	68.8	108.7
Равнинный класс ландшафтов							
Байкадам	336	180.8	9.10	127.10	13.97	2.7	113.0
Созак	317	186.5	12.60	127.04	12.10	28.8	115.5
Камкалы-кол	207	219.2	11.0	131.73	11.97	1.3	137.0

Таким образом, как видно из таблиц 1-4, принимая за основу эколого-биоэнергетическую оценку продуктивности ландшафта, можно вычислить не только их теплообеспеченность и влагообеспеченность, а также и продуктивность растений и почвы, и в целом продуктивность земель с учетом геохимических и биохимических особенностей почвы.

Таблица 2 - Продуктивности естественных ландшафтов природных систем речных бассейнов Талас в зависимости от высотной поясности

Метеостанция	H , м	\bar{R}	Коэффициенты				$\overline{ПОЗ(\bar{R})}$
			$K_{\theta z}$	K_s	K_t	K_c	
Горный класс ландшафтов							
Акташ	2000	1.31	0.40	1.00	0.59	1.00	0.680
Предгорный подкласс ландшафтов							
Талас	1220	3.00	0.49	1.00	0.56	1.00	0.654
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов							
Жуалы	952	3.60	0.49	1.00	0.54	1.00	0.572
Тараз	642	5.00	0.54	1.00	0.81	1.00	0.331
Равнинный класс ландшафтов							
Байкадам	336	9.10	0.50	0.65	0.88	0.80	0.110
Созак	317	12.60	0.49	0.65	0.87	0.75	0.001
Камкалы-кол	207	11.0	0.49	0.50	0.93	0.75	0.003

Таблица 3- Показатель биоэкологической оценки продуктивности ландшафтов бассейна реки Талас

Метеостанция	H , м	\bar{R}	R , кДж/см ²	O_c , мм	Коэффициенты		$П_{\theta z}$
					$K_{\theta z}$	K_y	
1	2	3	4	5	6	7	8
Горный класс ландшафтов							
Акташ	2000	1.31	156.3	469	0.078	0.53	0.041
Предгорный подкласс ландшафтов							
Талас	1220	3.00	164.2	327	0.082	0.30	0.024

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов							
Жуалы	952	3.60	147.7	318	0.075	0.28	0.021
Чокпак	768	1.42	186.4	636	0.093	0.51	0.047
Акыртобе	643	2.42	176.2	355	0.088	0.30	0.026
Тараз	642	5.00	170.9	287	0.087	0.20	0.017
Равнинный класс ландшафтов							
Байкадам	336	9.10	180.8	155	0.090	0.11	0.010
Созак	317	12.60	186.5	185	0.092	0.09	0.008
Камкалы-кол	207	11.0	219.2	139	0.110	0.12	0.013

Таблица 4 - Количественная оценка продуктивности компонентов ландшафтов бассейна реки Талас

Метеостанция	$H, м$	\bar{R}	Коэффициенты		$K_э$
			растений	почвы	
			K_p	K_n	
Горный класс ландшафтов					
Акташ	2000	1.31	0.56	0.86	0.48
Предгорный подкласс ландшафтов					
Талас	1220	3.00	0.33	0.40	0.13
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов					
Акыртобе	643	2.42	0.41	0.52	0.21
Тараз	642	5.00	0.24	0.63	0.15
Равнинный класс ландшафтов					
Байкадам	336	9.10	0.11	0.25	0.06
Созак	317	12.60	0.25	0.25	0.08
Камкалы-кол	207	11.0	0.31	0.35	0.11

В этом случае можно получить объективную оценку сложившихся климатических условий продуктивности ландшафта и в эколого-экономическом аспекте обосновать размещение производительных сил с целью эффективного использования биоэнергетических ресурсов природной системы.

Таким образом, на основе экологической продуктивности ландшафтов можно определить «природный капитал» речных бассейнов, то есть природную экологическую емкость бассейна реки Талас.

Основными элементами природной среды, создающих природный энергетический капитал, являются: солнечная энергия, энергетический потенциал почвы, энергия атмосферных осадков и площадь территории речных бассейнов. Солнечная энергия (E_S), играющая роль внешнего, определяющего развитие системы потока, вычислялась по формуле Г. Одума [3]: $E_S = F \cdot R$, где F - площадь территории, км²; R - среднегодовая солнечная радиация, кДж/см².

Энергия атмосферных осадков (E_{Oc} , кДж/год) определена по формуле Г. Одума [3]: $E_{Oc} = F \cdot O_c \cdot G$, где O_c - количество выпадающих осадков (м/год); G - свободная химическая энергия Гиббса без учета транспирации растениями – 4,94 Дж/г или 4940 Дж/кг.

Энергетический потенциал почвы (E_n) исследуемой территории вычислялся по формуле В.М. Володина [4]: $E_n = H \cdot G_2 \cdot d \cdot Q_n$, где H - запасы гумуса в почвенном слое (0-35 см); G_2 - общий гумус, %; d - объёмная масса почвы, г/см³; Q_n - энергетический эквивалент гумуса, Дж/га.

Энергетический потенциал стока (E_p) речных бассейнов можно определить по формуле: $E_p = W \cdot G$, где W - объем среднегодового стока реки, км³.

На основе приведенных методов оценки солнечной энергии и энергии атмосферных осадков, энергетического потенциала почвы и воды определен

«природный капитал» бассейна реки Талас по административным границам Кыргызстана и Казахстана (таблица 5).

Таблица 5- Энергетические показатели функционирования речных бассейнов Талас по административным границам Кыргызстана и Казахстана

Показатели	Кыргызская Республика, Таласская область, тыс. га			
	Манас- ский	Карабуур инский	Бакайат- инский	Таласски й
1	2	3	4	5
Природные ресурсы				
Среднегодовая солнечная радиация (R), кДж/м ² .	1642000	1642000	1563000	1563000
Количество осадков (O_C), мм	469	469	327	327
Общий гумус (G_2), %	3-4	3-4	3-4	3-4
Среднегодовой сток реки (W), км ³	1.53			
Энергетические показатели (10 ¹¹ , кДж)				
Солнечная энергия (E_S)	171.589	484.718	362.303	800.100
Энергия атмосферных осадков (E_{OC})	2.42	6.84	3.74	8.27
Энергетический потенциал почвы (E_n)	7.94	22.43	17,62	38.90
$E = E_S + E_{OC} + E_n$	181.949	513.988	383.663	847.270
Энергетический потенциал стока (E_p)	75.582			
$E = E_S + E_{OC} + E_n + E_p$	2002.452			

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5
Показатели	Республика Казахстан, Жамбылская область, тыс. га			
	Жамбыл- ский	Байзакск ий	Сарысуск ий	Таласки й
Природные ресурсы				
Среднегодовая солнечная радиация (R), кДж/м ² .	1709000	1709000	1817000	1808000
Количество осадков (O_C), мм	287	287	155	314
Общий гумус (G_2), %	0.5-1	0.5-1	0.5-1	0.5-1
Среднегодовой сток реки (W), км ³	0.90			
Энергетические показатели (10^{11} , кДж)				
Солнечная энергия (E_S)	734.870	769.05	3683.059	2205.760
Энергия атмосферных осадков (E_{OC})	6.096	6.380	15.521	18.924
Энергетический потенциал почвы (E_n)	32.680	34.200	154.052	92,720
$E = E_S + E_{OC} + E_n$	773.646	809.630	3852.632	2317.404
Энергетический потенциал стока (E_p)	44.460			
$E = E_S + E_{OC} + E_n + E_p$	7797.772			

Как видно из таблицы 5, «природный капитал» речного бассейна реки Талас в пределах Кыргызстана составляет 2002.452×10^{11} кДж, а Казахстану приходится 7797.772×10^{11} кДж, то есть 3.5 раза больше. При этом удельный «природный капитал» на тысячи гектаров занимаемой территории в Кыргызстане - 0.175×10^{11} кДж, а в Казахстане - 0.189×10^{11} кДж.

При этом, энергетический потенциал речного стока на территории Кыргызстана составляет 75.582×10^{11} кДж, а в Казахстане - 44.460×10^{11} кДж, то есть 1.7 раза меньше, что показывает достаточно высокую возможность оказания Кыргызстана экологической услуги по водообеспеченности Казахстану.

Заключение и рекомендации. Бассейн реки Талас имеет достаточно высокий «природный капитал» и при эффективном их использовании можно создать экологические и экономические устойчивые агроландшафтные системы, обеспечивающих продовольственную безопасность региона при соблюдении компенсирующих принципов природных и природно-техногенных экологических услуг.

Поэтому дальнейшее изучение пространственно-временной динамики параметров энергетического потенциала является актуальным как с научной, так и практической стороны и должно способствовать регламентации антропогенного воздействия и экологических услуг с учетом естественных и стабильных состояний экосистем.

Библиографический список

1. Серов Г.П. Экологический аудит [Текст] / Серов, Г.П.- М.: Экзамен, 1999.- 448 с.
2. Мустафаев Ж.С. Методологические основы оценки устойчивости и стабильности ландшафтов [Текст] / Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д., Адильбектеги Г.А.- Тараз, 2007.-218 с.
3. Odum Н.Т. Environmental Accounting. EMERGY and Enviromental Decision Making. N.Y.: John Willey&Sons [Tekst].-1996.-370 p.
4. Володин В.М. К вопросу о производительности почвы [Текст] / Володин В.М. // Научн. тех. бюл. ВНИИЗиЗПЭ. -Курск, 1986. - №3. -С. 3-11.

**Перечень обводняемых объектов и рациональный
объем обводнения в бассейне реки Москвы
В.И. Клёпов, доктор технических наук**

ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ – МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА»

г. Москва, Россия

И.В. Рагулина, старший преподаватель

ОГБОУ ДПО Курский институт развития образования

г. Курск, Россия

Аннотация. Анализ многочисленных проектных материалов и литературных источников показывает, что в настоящее время не существует единой методики оценки допустимых объемов обводнительных попусков в водные объекты, в том числе в нижние бьефы водохранилищ гидроузлов, отсутствует также единообразие в терминах. Нет единого толкования характеристик стока, оставляемых ниже створов регулирования и изъятия водных ресурсов.

Abstract. Analysis of multiple design materials and literature shows that at present there is no unified methodological approaches to the assessment of possible volumes of irrigation water releases into water bodies, including in the lower tailrace reservoir hydro systems, there is also no uniformity in the terms. There is no single interpretation of the characteristics of the flow, leave the following sections of regulation and withdrawal of water resources.

В современных условиях, исходя из охраны природы, необходимо в реках резервировать необходимый объем обводнительного попуска. Величина этого попуска зависит от водности реки, типа реки, водной и околородной флоры и фауны. Чем выше обводнительный (экологический) попуск, особенно в период половодья, тем ниже регулирующая возможность создаваемых и эксплуатируемых водохранилищ. Поэтому одним из основных вопросов рационального регулирования стока водохранилищами и оптимального

распределения водных ресурсов между участниками водохозяйственного комплекса (ВХК) является вопрос установления экологических (природоохранных), в том числе и санитарных, пусков в нижние бьефы гидроузлов [3-5]. При минимально допустимых расходах воды не должно быть обратного тока реки под влиянием ветра, течений, а также должна гарантироваться такая проточность, которая исключает промерзание рек зимой (кроме тех, которые промерзают в естественных условиях). Рассмотрим основные термины и понятия по данной проблеме.

Регулирование стока — искусственное перераспределение во времени стока в соответствии с требованиями потребления, выражающееся в увеличении или уменьшении стока в отдельные периоды времени по сравнению с естественным бытовым режимом. Это достигается временным задержанием воды в водохранилищах в периоды избытка воды над потребностью в ней и расходом накопленных запасов в периоды, когда потребление превышает естественный приток.

Обводнительные пуски – специальные пуски, обеспечивающие сохранение качества воды в нижние бьефы гидроузлов, заливание пойменных лугов и поддержание повышенных уровней воды для нереста рыбы в низовьях рек. Например, обводнительные рыбохозяйственные пуски с холостыми сбросами воды через нижевожские гидроузлы как специальная мера позволяют максимально приблизиться к естественному стоку в низовье Волги.

Природоохранные пуски – под природоохранным пуском понимается минимальный пуски, который обеспечивает сохранение естественного состояния водного объекта. Кроме сохранения минимального расхода, природоохранный пуск должен обеспечить периодические промывки водных объектов во время половодий и паводков.

Санитарные пуски – минимальный расход воды, обеспечивающего разбавление поступающих в реку загрязнений до нормируемых концентраций, работу существующих водозаборных сооружений, предотвращение промерзания реки зимой и сохранение в период открытого русла скоростей

течения не ниже 0,2—0,3 м/сек и, следовательно, обеспечивающий соблюдение нормативов качества воды и благоприятные условия водопользования.

Экологические попуски – сбросы воды из водохранилищ для поддержания состояния водных объектов, соответствующего экологическим требованиям.

Методика назначения попусков.

Сложившаяся практика назначения экологических (санитарных) попусков воды по величине естественного минимума летне-осенней или зимней межени, формально обоснованная вышеприведенными нормативами, может привести к серьезным просчетам.

По мнению ряда авторов [1], более правильно в период межени назначать минимальные расходы воды равные среднемесячным минимумам 95 %-ной обеспеченности отдельно для летне-осенней и для зимней межени или равные средне сезонным расходам воды той же обеспеченности. В период половодья, при этом, следует предусматривать ежегодный попуск для промывки русла и на некоторых реках для обводнения поймы. Этот попуск должен даваться в течение 10 или 5 дней с расходом не ниже среднего декадного или (на малых реках) среднего пентадного максимального расхода воды обеспеченностью 50-75 %. Один раз в 2-3 года расход весеннего попуска должен обеспечивать затопление поймы.

Учитывая, что экосистема водного потока складывается в период половодья и межени, правильнее следует говорить о не нарушаемом экологически безопасном гидрографе как неприкосновенной части каждого водного объекта. Он должен быть динамичным и изменяться в зависимости от водности года. Каких-либо научно-обоснованных методов и критериев установления подобных экологических гидрографов нет. Есть только предложения [2], которые сводятся к следующему:

- в год 25 % обеспеченности экологический гидрограф стока приравнивается к естественному обеспеченностью 50 %. В такой год наблюдается максимум воспроизводства живой природы (луга, рыба);

- в год 50 % обеспеченности экологический сток приравнивается к естественному гидрографу обеспеченностью 75 %, а в год 75 % обеспеченности - соответственно 95 % обеспеченности;

- в год 95 % обеспеченности экологический сток описывается гидрографом естественного стока 99 % обеспеченности.

Рациональный объем обводняемых объектов Московского региона.

Обводнительные попуски были установлены при проектировании канала имени Москвы. Для р. Москвы предусматривался обводнительный попуск из канала в размере $25 \text{ м}^3/\text{с}$, с учетом санитарного попуска в нижний бьеф Рублевского гидроузла в размере $5 \text{ м}^3/\text{с}$. Это означало, что минимальный расход в створе сооруженного в 1937г. Карамышевского гидроузла на р. Москва не будет ниже $30 \text{ м}^3/\text{с}$ (по сравнению с $7 \text{ м}^3/\text{с}$ в естественных условиях). Принцип разбавления, по-видимому, был применен при назначении обводнительных расходов в р.р. Уча, Клязьма и Яуза ($1 \text{ м}^3/\text{с}$, $4 \text{ м}^3/\text{с}$ и $5,9 \text{ м}^3/\text{с}$ соответственно). В дальнейшем гарантированный обводнительный попуск из канала в р. Москву был увеличен до $31 \text{ м}^3/\text{с}$. Начиная с 1986 г., правилами управления водными ресурсами канала была предусмотрена возможность осуществления компенсационного режима подачи волжской воды в р. Москву с таким расчетом, чтобы минимальный расход в створе Карамышевского гидроузла был не ниже $35 \text{ м}^3/\text{с}$. Обводнительные расходы в р.р. Уча, Клязьма и Яуза во всех предыдущих водно-балансовых расчетах сохранялись на прежнем уровне. Из приведенных цифр складывается суммарная величина расходной части водохозяйственного баланса Москвы на обводнение, равная $45 \text{ м}^3/\text{с}$.

В таблице 1 приводится перечень основных объектов и объемов обводнения рек Московского региона.

Таблица 1 – Перечень объектов и объемов обводнения рек и водотоков в зоне канала им. Москвы и рек Москва и Вазуза

№	Река	Куда впадает	Среднегодовой расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$	Площадь водосбора, км^2	Объем обводнения, $\text{м}^3/\text{с}$
1	Москва	Ока	50,1	7550	30,0

2	(Павшино) Сходня	Москва	1,82	248	27,0
3	Яуза	Москва	9,4	272	5,9
4	Клязьма (устье)	Ока	185	42500	4,0
5	Уча	Клязьма	-	320	1,0
6	Серебрянка	Хапиловка	0,028	30,0	1,0
7	Лихоборка	Яуза	0,5	58,0	3,0
8	Сетунь	Яуза	1,33	190	-
9	Хапиловка	Яуза	-	75,0	-
10	Чертановка	Городня	0,032	55,0	-
11	Городня	Москва	0,76	100	-

Кроме рек и водотоков, представленных в таблице, объектами обводнения могут быть также другие реки Москвы - Неглинная, Химка, Таракановка, Пресня, Филька, Нищенка, Пономарка и др.

Краткое описание основных объектов обводнения.

Река Москва является одним из основных источников водоснабжения Московского региона. Она впадает в р. Оку у г. Коломны. Площадь водосбора составляет 17600 км². Естественный режим р. Москвы также как и остальных рек, входящих в систему водоснабжения, нарушен в результате хозяйственной деятельности. Основным фактором, приведшим к изменению естественного стока р. Москвы и её притоков, следует считать, прежде всего, регулирование стока водохранилищами Москворецкой водной системы и переброска вод Волжского бассейна по каналу имени Москвы в р. Москву.

Река Яуза - самый крупный приток р. Москвы, вторая по величине река города. Протекает в северо-восточной и центральной части Москвы. Длина реки 48 км (в черте города 29 км), площадь бассейна - 452 км² (в пределах города 272 км²). Средний годовой расход воды около 9,4 м³/с. Р. Яуза берёт начало из болот на территории Лосиногостинского Острова. Пересекает г. Мытищи, посёлки Тайнинка и Перловка, после чего входит в Москву. На территории г. Москвы р. Яуза принимает ряд притоков. **Река Клязьма** протекает в Московской и Владимирской областях. Является

левым притоком Оки. Общая длина реки - 686 км, в Московской области - 245 км. В Москве в пределах МКАД протекает на севере столицы на протяжении 4 км. Берет начало на южном склоне Клинско-Дмитровской возвышенности, около д. Кочергино в Химкинском районе Московской области.

Река Сходня. Река на северо-западе Москвы, крупный (второй после р. Яузы) левый приток р. Москвы. Длина 47 км. Протекает в открытом русле, в том числе в черте Москвы более 5 км. Площадь бассейна в городе 17,2 км². Средний годовой расход воды 1,8 м³/с. Берёт начало у деревни Алабушево Московской области. Принимает слева деривационный канал, по которому из Химкинского водохранилища (через Сходненскую ГЭС) в р. Сходню поступает волжская вода для обводнения р. Москвы.

Река Сетунь. Река на западе Москвы, крупнейший правый приток р. Москвы. Длина 38 км. Глубина от 2 до 5 метров. В черте Москвы — около 20 км в сохранившейся долине и естественном открытом русле. Площадь бассейна 190 км². Средний расход воды 1,33 м³/с. Берёт начало из пруда в деревне Саларьево Московской области.

Река Серебрянка. Протекает в северо-восточной части Москвы. Длина реки – 12 км, в черте Москвы -8,6 км, в том числе в открытом русле – 3,7 км. Площадь водосбора реки около 30 км². Среднегодовой расход воды составляет 0,028 м³/с. В районе Пугачевских улиц р. Серебрянка соединяется с р. Сосенкой, вытекающей из Черкизовского пруда, и образует р. Хапиловка.

Река Лихоборка. Самый крупный правый приток р. Яузы на севере Москвы. Длина реки – 16 км (от МКАД до соединения с Лихоборским обводным каналом заключена в подземный коллектор). Площадь бассейна около 58 км². Средний расход – 0,5 м³/с. Берет начало в лесах близ села Ново-Архангельское. Река используется для обводнения рек Москва и Яуза волжской водой, которая перебрасывается из Химкинского водохранилища через Головинские пруды и Головинский ручей.

Река Городня. Берет начало на юго-западе, большая часть реки протекает по югу Москвы. Второй по длине после Сетуни правый приток р. Москвы на юге

города. Ее длина 16 км, в том числе 14 км - в открытом русле. Площадь бассейна около 100 км². Средний расход воды 0,76 м³/с. Берёт начало с Теплостанской возвышенности, в пределах Битцевского леса. Протекает через Верхнецарицынский, Нижнецарицынский и Борисовский пруды, по выходе из которых течёт в открытом русле и впадает в р. Москву у Бесединского моста.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как показывает выполненный анализ многочисленных проектных материалов и литературных источников, в настоящее время не существует единой методики оценки допустимых объемов обводнительных попусков в водные объекты, в том числе в нижние бьефы водохранилищ гидроузлов, отсутствует также единообразие в терминах. Нет единого толкования характеристик стока, оставляемых ниже створов регулирования и изъятия водных ресурсов.

Различными авторами понятие обводнительных попусков в нижние бьефы гидроузлов и водозаборов определяется по-разному: минимально допустимые, минимально необходимые расходы воды, рыбохозяйственные попуски, сельскохозяйственные попуски, транспортные попуски, санитарные попуски и др., т.е. они имеют преимущественно целевое отраслевое назначение.

Из изложенного выше можно сделать следующие выводы.

- Природоохранные требования со стороны нижнего бьефа водохранилищ гидроузлов обеспечиваются экологическими (санитарными) попусками. Указанные попуски не могут приниматься постоянной величиной, тем более равными величине меженного стока 95 % обеспеченности. Более приемлемые по условиям охраны природы, рекомендуемые различными авторами, попуски, изменяющиеся по величине в периоды половодья и межени, не имеют надежного научного и эколого-экономического обоснования.

- Принятие того или иного варианта формирования экологически безопасного гидрографа попусков осложняется отсутствием в настоящее время

методологии и жестко нормированных требований к режиму водных объектов, критериев допустимости того или иного воздействия на природные комплексы, а также методов научно-обоснованной экономической оценки ущерба от недодачи воды отдельным участникам водохозяйственных комплексов.

- Формирование того или иного варианта обводнительного попуска в нижний бьеф гидроузла должно обеспечить как экологические, природоохранные и санитарные условия водотока, так и качество воды под которым понимается комплекс показателей, характеризующих степень пригодности воды для того или иного вида хозяйственного использования.

- Попуски из водохранилищ Москворецкой водной системы должны обеспечивать согласно основным положениям «Правил использования водных ресурсов водохранилищ Москворецкой водной системы» гарантированный расход $29 \text{ м}^3/\text{с}$ в створе Рублевской плотины и лишь в чрезвычайных условиях допускается его снижение до $20 \text{ м}^3/\text{с}$.

- Ниже Рублевского гидроузла участок реки представляет собой систему водохранилищ, образованных гидроузлами Карамышево, Перерва и Трудкоммуна.

- Водный режим реки на этом участке определяется также переброской волжской воды по каналу имени Москвы через судоходные шлюзы № 7 и 8, по деривационному каналу из Химкинского водохранилища в р. Сходню и по Лихоборскому сбросу в р. Язу. По территории города протекает 118 рек и ручьев, Из них частично или полностью заключены в подземные коллекторы 67 рек и ручьев. Общая протяженность рек города составляет 515 км, густота речной сети $0,36 \text{ км}/\text{км}^2$, длина водотоков с открытым руслом 315 км.

- Наиболее крупные притоки р. Москвы на участке ниже Рублевского гидроузла: р. Яза (с длиной в пределах города 29,5 км) с притоками Лихоборка (15,0 км) и Хапиловка (12,5 км); р. Сетунь (15,8 км), реки Пономарка и Нищенка (16,0 км).

Библиографический список

1. Асарин А. Е. Методические указания по составлению правил использования водных ресурсов водохранилищ гидроузлов электростанций [текст]/ А.Е. Асарин К.Н. Бестужева А.Ш. Резниковский А. Ш. И др. // М.: 2000. 56 с.
2. Фашевский Б. В. Основы экологической гидрологии [текст]/ Б.В. Фашевский // Минск, 1996. 240 с.
3. Дубинина В.Г. Методические основы экологического нормирования безвозвратного изъятия речного стока и установления экологического стока (попуска) [текст]/В.Г. Дубинина // – М.: Экономика и информатика, 2001. 120 с.
4. Лебедева И.П. Специальные попуски в нижние бьефы, их природоохранное значение [текст]/ И.П. Лебедева // Автореф. диссерт. канд. техн. наук. М.: ИВП АН СССР, 1986. 25 с.
5. Клёпов В.И. Управление природоохранными попусками в бассейне Верхней Волги как способ повышения надежности водообеспечения Московского региона / [текст] В.И. Клёпов // Водные ресурсы. 2007. №5. С. 626-630.

Разработка алгоритма эксплуатации водохранилищ Московского региона в современных условиях

Г.Х. Исмаильлов, доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ – МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА»

г. Москва, Россия

В.И. Клёпов, доктор технических наук
ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ – МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА»

г. Москва, Россия

Аннотация. В настоящее время для водоснабжения Московского региона создана одна из крупнейших в мире водохозяйственных систем, которая расположена в бассейне верхнего течения р. Волги. С начала своего существования эта система была ориентирована в основном на использование поверхностного стока. Подземные воды всегда использовались индивидуально и никогда не входили в единую систему водоснабжения. В статье рассматривается разработка алгоритм оптимизации совместного функционирования водно-ресурсной системы Московского региона.

Annotation. Currently, the water supply in the Moscow region has created one of the world's largest water management systems, which is located in the basin of the upper reaches of the river. Volga. Since its inception, the system has focused mainly on the use of surface runoff. Underground water has always been used individually and never belonged to a single system of water supply. The article discusses the development of an algorithm to optimize the functioning of the joint water resource systems in the Moscow region.

Для решения проблемы надежности в разные годы рассматривался ряд весьма дорогостоящих проектов управления водными ресурсами региона, направленных на дальнейшее развитие водохозяйственной системы (ВХС) Московского региона, которые в основном были ориентированы на развитие существующих и привлечение новых источников водных ресурсов, прежде всего подземных вод. Такой подход вряд ли сможет решить проблему устойчивого развития, – из-за фактора экономики, возникновения новых экологических проблем и противоречивых территориальных интересов. В рамках данной статьи поставлена цель – разработать алгоритм оптимизации совместного функционирования водно-ресурсной системы Московского региона.

Для выполнения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- сформулировать основные концептуальные положения управления водными ресурсами Московского региона;

- провести анализ современных методов управления режимом работы водохранилищ и выявить наиболее эффективные из них;

- дать оценку возможных изменений составляющих элементов водного баланса речных систем Московского региона, прежде всего притоков речных вод к створам существующих гидроузлов для различных сценариев изменения климата;

- разработать методику оптимизации совместного функционирования ВРС Московского региона в изменяющихся природно-хозяйственных условиях с использованием принципов имитационного моделирования сложных природно-технических систем;

- осуществить систематизацию и обобщение исходных материалов по функционированию ВРС Московского региона и на этой основе разработать информационную систему, позволяющую повысить эффективность работы этой системы;

- разработать приемы гидролого-водохозяйственного обоснования величины и обеспеченности гарантированной водоотдачи системы водохранилищ Московского региона;

- разработать принципы ранжирования водопользователей по степени урезки им водоподачи за пределами расчетной обеспеченности;

- на основе разработанной имитационной модели выполнить анализ различных вариантов функционирования системы водохранилищ Московского региона и оценить водохозяйственную обстановку за пределами расчетной обеспеченности в условиях недостатка водных ресурсов для различного сочетания водохранилищ в системе и изменяющихся сценариев климата;

- изучить степень надежности (расчетной обеспеченности) удовлетворения потребностей в воде различных водопользователей водохозяйственного комплекса в рамках единого критерия расчетной

обеспеченности в условиях недостатка водных ресурсов и изменяющихся сценариев климата.

Анализ различных схем управления режимом и качеством водных ресурсов показывает, что в Московском регионе в настоящее время создана и функционирует сложная взаимосвязанная и разветвленная система, состоящая из трех водохозяйственных подсистем работающая каждая в соответствии со своими диспетчерскими правилами и компенсационными схемами – Верхневолжской, Москворецкой и Вазузской [1].

Под совместным управлением режимом и качеством водных ресурсов Московского региона следует понимать такое перераспределение водных ресурсов в пространстве и времени, которое, во-первых, позволяет сохранить гарантированную водообеспеченность всех участников водохозяйственного комплекса этого региона с учетом безопасности населения и защиты окружающей среды от водной стихии, и, во-вторых, восстанавливать природное воспроизводство эксплуатируемых водных ресурсов в количественном и качественном аспектах.

Алгоритм эксплуатации водохранилищ должен содержать:

1. Предложения по оптимизации совместного функционирования водохранилищ в единой системе водоснабжения с целью управления режимом и качеством воды. Очевидным преимуществом такого регулирования стока в системе водохранилищ следует считать более экономное использование воды по сравнению с регулированием на равномерную водоотдачу. Как показала практика регулирование речного стока водохранилищами, такое использование воды может быть обеспечено меньшим суммарным полезным объемом водохранилищ. Реализовать преимущества компенсационного регулирования стока можно также меньшими расходами водоподачи из водохранилищ при одинаковой величине полезного объема.

2. Водохозяйственный баланс региона в годы различной водности. Анализ разработанного водохозяйственного баланса показывает, что для расчетной обеспеченности, гарантированной водоотдачи поверхностных

источников равной 95% (по числу бесперебойных лет) превышение приходной части над расходной и оценивается в $9,4 \text{ м}^3/\text{с}$ [2] .

3. Перечень обводняемых объектов и рациональный объем обводнения. Обводнение рек Московского региона должно производиться, прежде всего, для улучшения качества воды, используемой в культурно-бытовых и хозяйственно-питьевых целях. Однако увеличение обводнения не должно являться единственной мерой решения вопроса загрязнения природных вод. Обводнение должно рассматриваться лишь как одна из составляющих поддержания благоприятной гидроэкологической обстановки в рассматриваемом регионе, наряду с улучшением качества очистки сточных вод.

Перечень обводняемых объектов Московского региона включают в себя рек Москва, Яуза, Клязьма и Уча, а также перечень обводняемых объектов в нижних бьефах гидроузлов следующих водохранилищ – Верхневолжское, Ивановское, Можайское, Истринское, Рузское, Озернинское, Вазузское и Яузское [3].

4. Алгоритм эксплуатации водохранилищ, адаптированный к условиям современного и прогнозного водохозяйственного баланса региона и обеспечивающий управление режимом и качеством воды.

Рекомендации по различным схемам управления ВХС Московского региона подготовлены на основе анализа подходов к совместному управлению режимом и качеством воды. Они позволяют обеспечить выработку и принятие эффективных управленческих решений функционирования ВХС и тем самым обеспечат надежность водоснабжения и защиту от негативного воздействия вод населения и объектов экономики региона.

В результате выполненных исследований установлено, что различным этапам развития ВХС Московского региона соответствуют следующие схемы управления водными ресурсами этого региона.

1. Схема изолированной работы каждого водохранилища входящего в сложную водохозяйственную систему Московского региона;

2. Схема отдельного функционирования каждой из трех действующих ВХС – Верхневолжской, Московцевкой и Вазувской;

3. Схема совместного функционирования всех трех вышеперечисленных ВХС, включающих в себя восемь водохранилищ, работающих в единой закольцованной системе водообеспечения в компенсационном режиме.

По нашему мнению и учитывая опыт эксплуатации аналогичных систем наиболее предпочтительным является сложившийся третий вариант. При схеме управления в третьем варианте каждое водохранилище обеспечивает отдачу для удовлетворения своих собственных потребителей и одновременно помогает потребителям других водохранилищ, расположенных ниже по течению, как в главном притоке, так и в боковых притоках. Водоохранилища-компенсаторы в такой системе, организующие основу водохозяйственной системы Московского региона, способны осуществлять частичное или полное многолетнее регулирование стока рек данного региона. Кроме того, благодаря этой схеме управления, в бассейнах всех рек региона сформировалась единая водохозяйственная система (ВХС) со сложными взаимосвязями между участниками и элементами ВХС, с одной стороны, и окружающей природной средой, с другой. Поэтому основная функция ВХС Московского региона на третьем этапе при реализации предложенной схемы управления сводится не только к обеспечению водой отраслей экономики и населения, но и к защите природной среды, и прежде всего водных объектов, прилегающих территорий, ландшафтов и экологических систем.

Для интегральной характеристики качества воды и оценки состояния водных объектов используются различные критерии, индексы и классификации, основанные на обобщении данных сети мониторинга. Метод оценки должен учитывать преобладающий вид использования водного объекта; особенности его ландшафтных, гидрологических и гидродинамических условий; перечень используемых в расчете показателей и

критериев оценки, а также длительность рядов исходного гидрохимического и гидробиологического материала.

Функционирование экосистем водохранилищ и с ним тесно связанное качество воды в них во многом определяется как стратегическими параметрами (полный и полезный объем водохранилища, его характерные уровни, высота плотины и т.д.), так и режимными параметрами водохранилищ (гарантированная водоотдача, размеры попусков в нижние бьефы, правила управления). В водохранилищах имеется возможность целенаправленного управления интенсивностью и направленностью внутриводоемных процессов путем регулирования поступления и сброса воды в водохранилищах МВС, что невозможно в естественных водоемах. Используя существующие связи между стратегическими и тактическими (режимными) параметрами и параметрами внутриводоемных процессов можно обеспечить совместное управление режимом и качеством водных ресурсов, а также круговоротом массообмена в экосистеме водохранилищ и, тем самым, к достижению важнейшей цели современной гидроэкологии – управлению качеством воды в водохранилищах.

Анализ функционирования водохранилищ, включая состояние нижнего бьефа, показывает, что режим работы водохранилищ может оказать существенное влияние не только на величину и надежность гарантированной водоотдачи, но и на функционирование их экосистем и, как следствие, на формирование качества воды в них. Помимо режима работы водохранилищ на формирование показателей качества воды также оказывают влияние такие факторы как географо-гидрографическое положение водоема (особенности их водосборов), строение чаши водоемов, сток воды через гидроузлы (особенно обводнительные попуски), интенсивность водообмена в водохранилищах, температура воды в них и т.п. При этом, конечно же, на функционирование экосистем водоемов и водотоков и как следствие на формирование качества воды, оказывает влияние не каждый фактор в отдельности, а их сочетание.

Высокий уровень надежности гарантированной водоотдачи водохранилищ водообеспечения Московского региона (95-97% по числу

бесперебойных лет) обуславливает необходимость предвидеть возможные последствия срыва этой отдачи, поскольку такие последствия могут быть весьма значительными. Очевидно, что в крайне-маловодных условиях, когда теоретически должен наступить предполагаемый «срыв» отдачи, т.е. её сокращение и, как следствие, ущерб в одной из перечисленных выше форм или их сочетаний, уменьшение по сравнению с гарантированной величиной, негативная нагрузка на природу и человека существенно возрастет по сравнению с обычными, благоприятными условиями. Так как водообеспечение Московского региона может быть подразделено на такие составляющие, как питьевое, коммунально-бытовое, промышленное и обводнительное, можно предположить, что в условиях недостатка воды все эти составляющие будут подвержены сокращению потребляемых водных ресурсов. Сокращение водных ресурсов для каждой составляющей будет иметь разную степень.

К неблагоприятным особенностям Волжского водоисточника следует отнести постоянно высокую цветность и перманганатную окисляемость природных вод экзогенного происхождения. Управление качеством воды возможно на основе сбросов малоцветных вод Вазузского водохранилища для разбавления цветности и окисляемости р. Волги в неблагоприятные периоды. Однако достичь полномасштабного изменения характеристик качества воды в Ивановском водохранилище и в водохранилищах водораздельного бьефа таким способом нельзя в силу ограниченности водных ресурсов и регулирующей емкости Вазузского водохранилища. Важным направлением специальных санитарно-экологических попусков является промывка русла р. Москвы в городской черте, что позволяет перераспределить загрязненные донные отложения вдоль русла реки, уменьшить заиление и содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов. Для этого необходимо сформировать расходы воды в р. Москве в размере 600-800 м³/с. Это возможно при наличии больших запасов воды в Москворецких водохранилищах, которые совпадают по времени с пиком стока воды с незарегулированной водосборной территории.

9. С середины 90-ых водопотребление упало с 6,5 млн м³/сут до 3,3 млн м³/сут. По некоторым оценкам на перспективу до 2020 года водопотребление может даже несколько увеличиться (до 3,7 млн м³/сут). Учитывая присоединение новых территорий и положительной динамики роста жилищного строительства на территории Московского региона, а также его потенциальной готовности потреблять воду этого региона, дает основание предполагать прирост водопотребления за счет подачи воды, по предварительным расчетам, около 1 млн. двести тысяч м³/сут.

Заключение.

В результате разработки алгоритм эксплуатации водохранилищ Московского региона сделаны следующие выводы.

1. В Московском регионе сформирована сложная схема водопользования в условиях высокой зарегулированности водоемов, которые одновременно используются для различных хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых целей, а также для целей судоходства, выработки электроэнергии, сельскохозяйственного орошения, приема возрастающего количества недостаточно очищенных сточных вод. Основным источником водных ресурсов, обеспечивающим потребителей Московского региона, включая требования сохранения качества окружающей среды, являются поверхностные водные ресурсы (более 90%). Следует отметить ограниченность в регионе подземных водных ресурсов.

2. Наиболее отчётливо проблема надёжности водообеспечения Московского региона проявляется в отношении обводнительных попусков. Специальное обводнение рек в Московском регионе целесообразно, прежде всего, для улучшения качества воды, используемой в культурно-бытовых и хозяйственно-питьевых целях. Однако увеличение обводнения не должно являться единственной мерой решения вопроса загрязнения природных вод. Обводнение должно рассматриваться лишь как одна из составляющих поддержания благоприятной гидроэкологической обстановки в рассматриваемом регионе, наряду с улучшением качества очистки сточных вод,

внедрением рационального природопользования на водосборных территориях и специальных гидромелиоративных и санитарных мероприятий на водосборных территориях и акваториях источников питьевого водоснабжения.

4. Анализ различных схем управления режимом и качеством водных ресурсов показывает, что в Московском регионе в настоящее время создана и функционирует сложная взаимосвязанная и разветвленная система, состоящая из трех водохозяйственных подсистем работающая каждая в соответствии со своими диспетчерскими правилами и компенсационными схемами – Верхневолжской, Москворецкой и Вазузской. Данная схема управления в настоящих условиях представляется оптимальной с водохозяйственной точки зрения.

5. Существующие методические рекомендации для оценки объемов обводнения не являются достаточно обоснованными и представляют экспертные оценки. Для рек Московского региона обводнение зависит от ряда условий, которые не являются экологическими: это приоритетность питьевого водоснабжения, экономические ограничения, связанные с перекачкой воды, ограничения на максимальные расходы в связи с состоянием поймы обводняемых рек и др. Нормативы обводнительных попусков отсутствуют. Они устанавливаются при проектировании и обосновании соответствующей водохозяйственной системы в результате проводимых научных исследований. В настоящее время они установлены в виде постоянных величин. Обводнительные попуски должны обеспечить гидродинамическое и экологическое равновесие водотока, сохраняя реку как элемент ландшафта. Результатами настоящей работы является оценка современного состояния водохозяйственного баланса в отношении возможностей изменения обводнительных расходов, которые зависят от сезона, гидрометеорологической ситуации, экологического состояния как источника обводнения (соответствующего водохранилища), так и обводняемой реки.

Результаты исследований могут быть использованы для повышения эффективности совместного функционирования водохранилищ в единой

системе водоснабжения Московского региона. Эффективность рассматриваемой работы оценивается повышением надежности плановой водоотдачи системы водохранилищ функционирующих в единой системе водоснабжения Московского региона в условиях маловодных и засушливых лет.

Библиографический список.

1. Клёпов, В.И. Проблемы управления водными ресурсами ВХС Московского региона // Водные ресурсы.- 1996. № 5. – С. 241-245.
2. Анализ водохозяйственного баланса г. Москвы. — Отчет Департамента инженерного обеспечения института «Водоканал НИИ проект». — М., 1994. — 125 с.
3. Клёпов, В.И. Управление природоохранными попусками в бассейне Верхней Волги как способ повышения надежности водообеспечения Московского региона /В.И. Клёпов // Водные ресурсы. - 2007. - №5. - С. 626-630.

Оценка и прогноз изменения годового и сезонного стока бассейна р. Волги в первой половине XX века.

*Г.Х. Исмаилов, доктор технических наук,
профессор*

*ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ – МСХА ИМЕНИ К.А.ТИМИРЯЗЕВА»*

г. Москва, Россия

*Н.В. Мураценкова, кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ – МСХА ИМЕНИ К.А.ТИМИРЯЗЕВА»*

г. Москва, Россия

В статье рассматривается оценка изменения среднесноголетнего стока р. Волги в первой половине XXI века. Дается ретроспективная оценка пространственно – временных закономерностей изменчивости годового и сезонного(за период половодья и межени) стока бассейна реки Волги за прошлое столетие. Для прогноза изменения стока р. Волги на предстоящий период начала XXI века авторами используется разработанная ими статистико-вероятностная методика оценки речного стока и результаты сценариев климатических моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО). С целью использования результатов МОЦАО авторы предлагают систему уравнений связи речного стока от определяющих его климатических факторов.

The article discusses the assessment of changes in the average annual flow of the Volga River in the first half of the XXI century. It provides a retrospective assessment of spatial - temporal patterns of variability of annual and seasonal (for the period of high water and low water) runoff Volga River Basin over the past century. To predict changes in the flows of the river Volga in the coming period, the beginning of the XXI century authors used them developed statistical-probabilistic method of estimation of river flow and results of scenarios of climate models of the general circulation of the atmosphere and ocean. In order to use the results of general circulation models of the atmosphere and ocean authors propose a system of equations due streamflow by determining its climatic factors.

До сегодняшнего дня мы жили с идеей о том, что природа – неисчерпаемый источник ресурсов, в том числе и водных, и что роль человека – «покорить» ее, чтобы извлечь из нее как можно больше ресурсов. Однако выбросы, вызванные человеческой деятельностью и вовлечение больших объемов природных ресурсов в социально-экономическую сферу повышают концентрацию парниковых газов в атмосфере, усиливая глобальное потепление

земной поверхности. Так с 1975 года средняя глобальная температура воздуха повысилась на полградуса. По России увеличение температуры воздуха относительно средней глобальной величины составило $1,3^{\circ}\text{C}$, то есть больше чем в два раза. Повышение температуры воздуха привело к росту таких экстремальных явлений, как таяние вечной мерзлоты, лесные и торфяные пожары, которые угрожают экологическому равновесию страны.

Глобальные климатические изменения в свою очередь отражаются и в изменении регионального климата, что привело к изменению запасов водных ресурсов страны и в частности годового и сезонного стока бассейна реки Волги. Так например, начиная с 1978 года и по настоящее время в колебаниях годовых атмосферных осадков и осадков периода межени наблюдается тенденция в сторону их повышения, а в период весеннего половодья наоборот отмечается тенденции понижения атмосферных осадков. На рисунке 1 приведена динамика изменения годовых элементов водного баланса р. Волги за прошлое столетие. Как видно из этого рисунка значительные изменения наблюдаются в годовом стоке и суммарном испарении с поверхности суши, в то время как годовые атмосферные осадки изменяются незначительно, т.е происходит некоторое перераспределение влаги между речным стоком и испарением с поверхности речного бассейна. В отношении речного стока можно сказать что, наблюдается повышенная водность в 20-х и в конце 70-х годов и продолжается до конца XX столетия, а в 30-40-х годах XX столетия происходило резкое снижение речного стока бассейна р. Волги.

Анализ разностных интегральных кривых годового и сезонного стока до 1978 года и после показал, что тенденция годового стока представляет собой чередование нескольких достаточно длительных периодов маловодных и многоводных лет. При этом если годовой сток и сток периода межени синхронен, при чем до 1978 года наблюдается ветвь длительного снижения стока (спад кривой), то после этого периода происходит значительное повышение стока (подъем кривой).

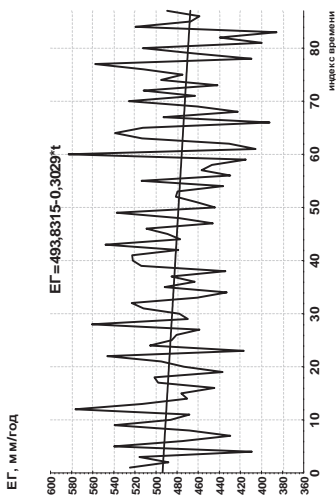
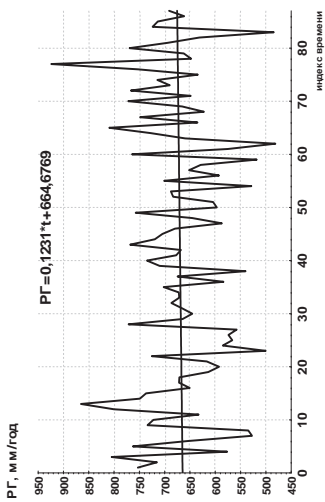
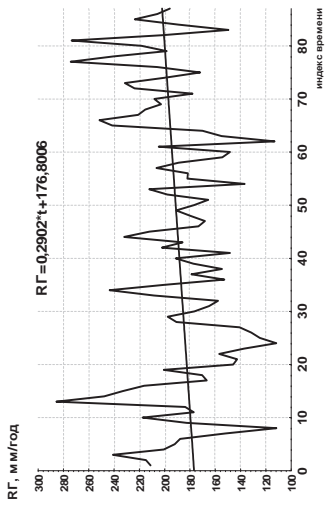


Рис.1. Многолетние колебания и линейные тренды годовых элементов водного баланса в зоне формирования бассейна р. Волги за 1914/1915-2000/2001 гг. (РГ - атмосферные осадки, РГ - речной сток, ЕГ - суммарное испарение)

Сток периода весеннего половодья с начала XX века повышается (до 1929 года), а затем в период с 1930 по 1940 гг. наблюдается тенденция понижения речного стока, далее происходит стабилизация и после 1978 года речной сток растет. В целом ретроспективный анализ изменения годового и сезонного стока бассейна р. Волги показывает, что в этом бассейне до 1978 года и после имела место смена фаз водности рек. Одновременно следует отметить, что увеличение меженного стока свидетельствует о роли повышения подземного питания рек этого бассейна меженного периода, а это в свою очередь связано с повышением естественной зарегулированности стока рек бассейна р. Волги.

Ретроспективный анализ показывает, что речному стоку свойственна определенная тенденция либо к его повышению, либо к понижению, следовательно прогнозную оценку необходимо осуществлять по изменению его среднееголетнего значения. При этом учитывая природу колебания речного стока, имеющую стохастический характер и подчиняющегося марковскому процессу, нами выдвигаются две концепции, выраженные в стационарности или нестационарности процессов формирования элементов водного баланса (ЭВБ) речного бассейна. Следовательно, принятие соответствующих концепций изменения ЭВБ в будущем предопределяет и выбор методов оценки этих изменений [2]. Так, концепция стационарности климата и процессов гидрологического цикла предопределяет использование вероятностно-статистических методов. Принятие же концепции нестационарности приводит к необходимости выявления однонаправленных тенденций (трендов) во временных рядах речного стока и определяющих его климатических и антропогенных факторов с последующей экстраполяцией детерминированной составляющей временного ряда, а также к установлению функциональных связей между факторами воздействия и характером отклика.

При прогнозировании элементов водного баланса речного бассейна в качестве одного из основных допущений предполагается физическая и статистическая однородность (неоднородность) и стационарность (нестационарность) многолетних колебаний основных составляющих водного

баланса за достаточно продолжительный период времени. Рассматриваются достаточно длительные многолетние колебания основных ЭВБ бассейна р. Волги за период 1914/1915 – 2000/2001 гг. ($n=87$ лет). Для бассейна р. Волги в целом неоднородность средних значений установлена для ряда годовых атмосферных осадков, речного стока и суммарного испарения, а также для стока и суммарного испарения межлетнего периода. Кроме того неоднородность средних значений выявлена для температуры воздуха холодного периода и года в целом. В отношении дисперсий временных рядов годовых и сезонных элементов водного баланса бассейна р. Волги выполняется условие однородности.

Прогноз изменения ЭВБ бассейна р. Волги сначала был осуществлен на основе использования результатов климатических сценариев моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) и уравнений связи речного стока от его определяющих климатических факторов.

Соответственно вышесказанному была проанализирована возможность использования климатических сценариев по ряду современных моделей (МОЦАО), для оценки возможных изменений температуры воздуха и осадков на территории России для первой половины XXI века. В качестве сценариев выброса парниковых газов рассматривались варианты А2, А1В и В1. Также были использованы результаты расчетов будущих изменений климата в бассейне р. Волги с помощью моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) пятого поколения (CMIP 5) для сценариев роста парниковых газов и аэрозоля RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5. Основу проекта CMIP 5 (Coupled Model Intercomparison Project, Phase 5) составили расчеты климата XX в. при заданных в соответствии с данными наблюдений концентрациях парниковых газов и аэрозолей, а также сценарные расчеты климата XXI в. для новой группы сценариев антропогенного воздействия на климатическую систему Земли – так называемые RCP (Representative concentration pathways: репрезентативные траектории концентраций). В этой новой системе сценариев RCP индекс сценария характеризует величину антропогенного радиационного воздействия,

достигаемого в 2100 г., а именно: 2.6, 4.5 и 8.5 Вт/м² в RCP 2.6, RCP 4.5 и RCP 8.5 соответственно [1].

На первом этапе наших исследований из вышеприведенных сценариев изменения климата в первой половине XXI века используя среднеголетние значения температуры воздуха и атмосферных осадков определили среднеголетние значения суммарного испарения с поверхности суши бассейну р. Волги в целом по методике разработанной авторами. На втором этапе исследований авторами получены уравнения связи речного стока с его определяющими климатическими факторами (температура воздуха и подстилающей поверхности, суммарные атмосферные осадки и испарение с поверхности суши). На следующем этапе исследований осуществлена прогнозная оценка изменения ЭВБ бассейна р. Волги в первой половине XXI века.

Среднеголетнее значение суммарных атмосферных осадков изменяется для начала первой половины XXI века (2011-2030 гг.) от 683 мм (929 км³/год) до 690 мм (938,4 км³/год) при базовом значении осадков 670 мм (911 км³/год). А для середины первой половины XXI века (2041-2060 гг.) изменения нормы атмосферных осадков составляет соответственно от 700 мм (952 км³/год) до 715 мм (972 км³/год).

По сценарию А2 и А1В среднеголетнее суммарное испарение составляет 475 мм (646 км³/год), т.е снижается на 6 мм (8,2 км³/год) по отношению к базовому периоду (Е=481 мм). По сценарию В1 среднеголетнее суммарное испарение составляет 476 мм (647,4 км³/год), что свидетельствует о его близких значениях по всем трем сценариям.

Годовой сток бассейна р. Волги в целом (до г. Волгограда) в начале первой половины XXI века (2011-2030 гг.) изменяется от 198 мм до 202 мм (в зависимости от уравнения связи стока от определяющих его климатических факторов) для самого «жесткого» сценария А2, а для более «мягкого» сценария А1В годовой сток р. Волги изменяется от 194 мм и до 200 мм. Для середины первой половины XXI века (2041-2060 гг.) для самого «жесткого» сценария А2

норма годового стока р. Волги изменяется от 200 мм до 211 мм (при его среднемноголетнем значении за период 1914/1915 – 2000/2001 гг. равном 190 мм/год).

По результатам расчетов климатических моделей СМIP3 для сценариев роста парниковых газов и аэрозоля SRES A2, A1B и B1 в начале первой половины XXI века в бассейне р. Волги среднемноголетнее значение суммарных атмосферных осадков периода весеннего половодья изменится от 339 до 349 мм, при его значении за базовый период (1914/15-2000/2001 гг.) равном 329 мм. Норма испарения с поверхности бассейна р. Волги составит 112 мм. На фоне происходящих климатических изменений среднемноголетнее значение стока весеннего половодья изменяется от 125 мм до 135 мм (при его среднемноголетнем значении за период 1914/1915 – 2000/2001 гг. равном 118 мм) для сценариев A2 и B1.

Аналогичная картина изменения климатических характеристик бассейна р. Волги будет происходить и в период межени. При увеличении средней температуры воздуха на 1,1 -1,3 °С сумма атмосферных осадков вырастет на 13-18 мм (3-4%). Норма суммарного испарения с поверхности бассейна р. Волги составит 353 мм, т.е уменьшится на 15 мм по отношению к базовому периоду ($E=368$ мм). Изменение среднемноголетнего значения стока межени периода бассейна р. Волги в целом (до г. Волгограда) для начала первой половины XXI века составит от 77 мм до 86 мм для сценария A2, от 76 мм до 83 мм – для сценария A1B и от 76 мм до 87 мм - для сценария B1 (при его базовом значении равном 71 мм).

Учитывая сложность прогнозирования изменения речного стока на предстоящий период авторами использован вероятностно-статистический метод оценки изменения стока р. Волги.

Вероятностно-статистическая оценка изменения речного стока исходит из предположений о стационарности полученных временных рядов речного стока как бассейна в целом, так и отдельных частных его водосборов.

При этом оценка средних имеет вид

$$\bar{X}_{n+\tau} = \bar{X}_n \pm t_p K \sigma_{\bar{X}_n}, \quad (1)$$

где \bar{X} - среднеемноголетнее значение речного стока, n – продолжительность исходного временного ряда, τ - продолжительность перспективного отрезка времени, $\sigma_{\bar{X}_n}$ – оценка среднеквадратичной ошибки среднего исходного временного ряда, t_p – критерий достоверности Стьюдента для уровня вероятности p , K – коэффициент уменьшения точности оценки в зависимости от продолжительности перспективного периода τ .

Оценка погрешности определения среднего находится с учетом коэффициента автокорреляции в исходном временном ряду

$$\sigma_{\bar{X}_n} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1+r(1)}{1-r(1)}}, \quad (2)$$

где σ_x - стандарт отклонения годовых величин речного стока для исходного ряда продолжительностью n лет.

В таблице 1 приведены результаты такой оценки возможного изменения не только нормы речного стока, но и среднеемноголетних величин атмосферных осадков и суммарного испарения с поверхности бассейна р. Волги до г. Волгограда. При этом рассматриваются результаты оценки для продолжительности перспективного отрезка времени $\tau = 20, 40$ и 60 лет, $t_{0,95} = 1,98$ и $K = 1,02$ ($\tau = 20$ лет), $1,13$ ($\tau = 40$ лет) и $1,20$ ($\tau = 60$ лет) в соответствии с рекомендациями работы [3].

Таблица 1 - Оценка среднегодовых величин ЭВБ водохозяйственных районов бассейна р. Волги для первой половины XXI в., в мм/год.

ЭВБ	Период			
	1914/1915- 2000/2001 гг. $\bar{X} \pm t_{95}\sigma_{\bar{X}}$	1914/1915- 2020/2021 гг. $\bar{X} \pm t_{95}K\sigma_{\bar{X}}$	1914/1915- 2040/2041 гг. $\bar{X} \pm t_{95}K\sigma_{\bar{X}}$	1914/1915- 2060/2061 гг. $\bar{X} \pm t_{95}K\sigma_{\bar{X}}$
Бассейн Верхней Волги				
Осадки, \bar{P}	687±24	687±25	687±28	687±30
Сток, \bar{R}	229±18	229±19	229±21	229±22
Испарение, \bar{E}	458±5	481±6	481±6	481±7
Бассейн Средней Волги				
Осадки, P	679±36	679±37	679±41	679±44
Сток, R	166±11	166±12	166±13	166±14
Испарение, E	511±17	511±18	511±20	511±21
Бассейн Камы				
Осадки, P	693±27	693±28	693±31	693±33
Сток, R	253±19	253±20	253±22	253±24
Испарение, E	441±12	441±13	441±14	441±15
Бассейн р. Волги в целом				
Осадки, P	670±19	670±20	670±23	670±24
Сток, R	190±13	190±14	190±15	190±16
Испарение, E	481±7	481±8	481±9	481±10

Как видно из таблицы 1 за период 1914/1915 – 2060/2061 гг. ($n=147$ лет) в бассейне р. Волги возможный диапазон изменения среднегодовой величины атмосферных осадков составляет от 646 до 694 мм/год (878 и 944 км³/год). Аналогично, для речного стока диапазон изменения составляет 206-174 мм/год (280 и 237 км³/год), для испарения соответственно 491...471 мм/год (668 и 640 км³/год).

В целом, проведенные исследования по изменению речного стока бассейна р. Волги с использованием различных вариантов прогнозирования показали, что норма стока бассейна р. Волги в целом за период 2011-2030 гг. может изменяться от 176 до 204 мм/год (239 и 277 км³/год)– по вероятностно-

статистическому методу, от 198 до 205 мм/год (269 и 279 км³/год) – по уравнениям связи речного стока от климатических факторов с использованием результатов сценариев климатических моделей. За период 2041-2060 гг. норма стока р. Волги измениться от 174 и до 206 мм/год – по вероятностно-статистическому методу, от 202 до 217 мм/год - по уравнениям связи речного стока от климатических факторов с использованием результатов сценариев климатических моделей (норма стока бассейна р. Волги за базовый период (1914/15 – 2010/11 гг.) составляет 190 мм/год). Как видно из этих результатов для периода 2011-2030 гг. норма стока может повышаться на 17 мм/год, но может и понижаться на 14 мм/год, а для периода 2041-2060 гг. рост нормы стока составит 27 мм/год.

Библиографический список

1. Изменение климата и водные ресурсы. Технический документ Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). – Женева, 2008. – 228 с.
2. Рождественский А.В. Пространственно-временные колебания стока рек СССР. - Л.: Гидрометеиздат., 1988. – 360 с.
3. Семёнов С.М. Гидрогеологические прогнозы в системе мониторинга подземных вод /С.М. Семёнов; отв. ред. В.С. Ковалевский. – М.: Наука, 2005.

ГИДРОМЕТРИЧЕСКИЕ ЛОТКИ ДЛЯ КАНАЛОВ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ

КУШЕР А.М., канд. тех. наук

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н.Костякова»), г. Москва, РФ

Аннотация

В мировой практике для измерения расходов воды в открытых каналах широко применяются гидрометрические сооружения (конструкции). Наиболее совершенными с точки зрения взаимовлияния сооружения и канала являются лотки критической глубины. Их отличают малый подпор верхнего бьефа, высокий коэффициент предельного затопления (при оптимальном выборе) и возможность эксплуатации без начальной калибровки.

В настоящее время отсутствуют аналитические методы исследования взаимовлияния канала и сооружения, в том числе, влияния сооружения на величину подпора верхнего бьефа и осаждение наносов в подводящем канале и, наоборот, зависимости расходной характеристики и диапазона измерений от геометрических и гидравлических параметров канала. В статье кратко описан метод расчета гидрометрических лотков и представлены характеристики ряда конструкций, вычисленных по заданным гидравлическим параметрам сооружения и канала. В качестве инструментария использованы разработанный программный комплекс на основе численного решения системы уравнений Навье–Стокса в трехмерной постановке и программный комплекс анализа и расчета гидрометрических лотков по методу Vos'a [2,5].

По результатам тестирования в лабораторных и природных условиях методическая погрешность определения расхода не превышает 1...2 %. Учитывая универсальность метода, разработанный инструментарий может быть использован для проектирования или повторной калибровки существующих гидрометрических конструкций.

Ключевые слова: гидрометрия, гидрометрическое сооружение, гидрометрический лоток критической глубины, расходная зависимость, точность расчета.

Abstract

To measure flow rate in open canals, hydrometric structures are widely used in the world. The most perfect in respect to interplay between structures and channel are critical depth flumes. They have a small upstream lift, a high submergence limit (if correctly selected) and the ability to operate without the initial calibration.

At present there are no analytical research methods of interdependence of a canal and a flow-measuring structure. It concerns influence of the structure on

upstream lift and sedimentation, and conversely influence of the channel hydraulics on discharge characteristic and measurement range of the structure. This paper briefly describes the developed method, algorithms and software capability.

The developed software tools are based on CFD and M.G. Bos's method of flow treatment in flumes [2,5]. The flow-measuring flumes worked out on the given hydraulic parameters of the canal and a structure are presented. The difference between calculated and experiment data is about 1 – 2%. Thanks to high reliability the developed method and software tools can be used for designing or repeated calibration of the existing flow-measuring structures.

Keywords: hydrometry, flow-measuring structure, discharge curve, calculation error

Для измерения расходов в открытых оросительных каналах широко применяются гидрометрические сооружения (конструкции). Они обеспечивают получение зависимости между уровнем и расходом воды в канале. За исключением сооружений типа «Фиксированное русло», имеющих низкую достоверность измерений, принцип работы гидрометрических конструкций основан на трансформации режима течения от спокойного (докритического) в сверхкритический и, далее, обратно в докритический в отводящем канале. Указанное преобразование сопровождается искажением линейности распределения давления, что делает невозможным применение традиционных методов расчета гидравлики потока и расхода воды через сооружение. Расходные характеристики таких конструкций получены исключительно на основе предварительных экспериментальных исследований на моделях сооружений. Для получения декларируемой точности измерений необходимо строгое соблюдение условий модельных исследований, что в практике не всегда осуществимо.

В настоящее время отсутствуют аналитические методы исследования, касающиеся взаимовлияния параметров канала и установленного в нем гидрометрического сооружения, включая гидравлику потока и осаждение наносов в подводящем канале, расходную зависимость, диапазон измерений и устойчивость гидрометрической конструкции к затоплению со стороны нижнего бьефа.

Водосливы с тонкой стенкой вызывают наибольший подпор верхнего бьефа и могут применяться только в каналах с большим запасом строительной глубины и низким содержанием взвешенных наносов. Недостатком лотков Паршалла, лотков САНИИРИ, водосливов с широким прямоугольным порогом и большинства других является низкий коэффициент предельного затопления ($S \leq 0,5 \dots 0,6$), что делает невозможным выполнение точных измерений в типичном для оросительных каналов подпорно-переменном режиме. Кроме того, как показали последние исследования с применением современных средств измерений расходные характеристики ряда типоразмеров лотков Паршалла отличаются от стандартной степенной зависимости, а погрешность измерений существенно превышает декларируемую точность 5% [1].

Наиболее совершенными с точки зрения взаимовлияния сооружения и канала являются лотки критической глубины. Их отличают малый подпор верхнего бьефа, высокий коэффициент предельного затопления (при оптимальном выборе) и возможность эксплуатации без начальной калибровки. Существуют два полуэмпирических метода их расчета: стандартизированный в ISO метод Ackers'a и принятый в США метод Bos'a [2,3]. Методика расчета расхода, рекомендуемая стандартом ISO, основана на ряде нефизических допущений и эмпирических коэффициентах, не подтверждаемых экспериментальными исследованиями [4]. В частности, это касается а) закона изменения толщины вытеснения пограничным слоем и б) допущения о месте критического сечения ($Fr = 1$) в конце секции горловины. Эта методика была утверждена в ISO TC-113 по представлению индийской стороны на основе данных экспериментальных исследований только трапецеидального и U-образного лотков. Стандартная методика расчета параболических и цилиндрических лотков отсутствует.

В данной работе в качестве инструментария для исследования лотков критической глубины использованы разработанный программный комплекс на основе решения системы уравнений движения Навье–Стокса, уравнений неразрывности и VOF (Volume-Of-Fluid) в трехмерной постановке и

программный комплекс анализа и расчета гидрометрических лотков по методу Bos'a [5,6].

Как следует из теории пограничного слоя толщина слоя в конфузоре (в данном случае это секция сопряжения с подводющим каналом) уменьшается за счет градиента давления в продольном направлении. Структура потока в горловине практически полностью определяется геометрией внешних границ потока. Как показали исследования, поле скоростей и расходная характеристика гидрометрического лотка критической глубины слабо зависят от шероховатости стенок. Преобладающим фактором, определяющим гидравлические и метрологические параметры, является форма поперечного сечения контрольной секции (горловины). По результатам наших исследований вторым по значимости влияния на точность измерений является форма профиля скоростей в подводящем канале, что учтено при разработке программного обеспечения [5,7].

Условием точных измерений является существование сверхкритического режима течения ($Fr > 1$) на входе отводящего канала, что обеспечивается увеличением потенциальной энергии потока на входе сооружения путем подпора верхнего бьефа. Нижняя граница подпора определяется условием свободного истечения на выходе лотка, а верхняя – предельной глубиной воды в подводящем канале на максимальном расходе. Для предотвращения переполнения канала из-за изменчивости шероховатости стенок подводящего канала, отложения наносов или влияния растительности величина коэффициента запаса по глубине принимается равной 10...20%.

В отличие от большинства конструкций с вертикальными передними стенками лотки критической глубины могут применяться в каналах с малым запасом по глубине и (или) малым продольным уклоном. Обычно значения уклона оросительных каналов находятся в диапазоне $I = 0,00005 \dots 0,0005$.

С целью оптимизации работы сооружения в конкретных условиях эксплуатации в разработанном программном комплексе предусмотрен ряд гидравлических критериев. Гидрометрический лоток, вычисленный по

критерию минимального подпора верхнего бьефа, помимо минимального подпора обеспечивает пропуск максимального расхода на предельно допустимой глубине канала.

На рис. 1 показаны метрологические и геометрические параметры гидрометрического лотка, вычисленные по данному критерию. Предельная глубина воды в верхнем бьефе лотка – $0,8 h_c$, где h_c – строительная глубина канала. Параметры подводящего и отводящего каналов: ширина по дну $B_c = 0,4$ м, коэффициент откоса $m_c = 1,5$, уклон $I_c = 0,00005$, коэффициент шероховатости стенок по Маннингу $n = 0,015$. При отсутствии информации о текущем значении n в программном комплексе предусмотрен расчет пропускной способности канала по нескольким парам значений «глубина–расход». Параметры лотка: $B_l = 0$; $m_l = 1,9529$; высота порога $p_l = 0,58$ м. Величина подпора верхнего бьефа на максимальном расходе не превышает $0,06$ м.

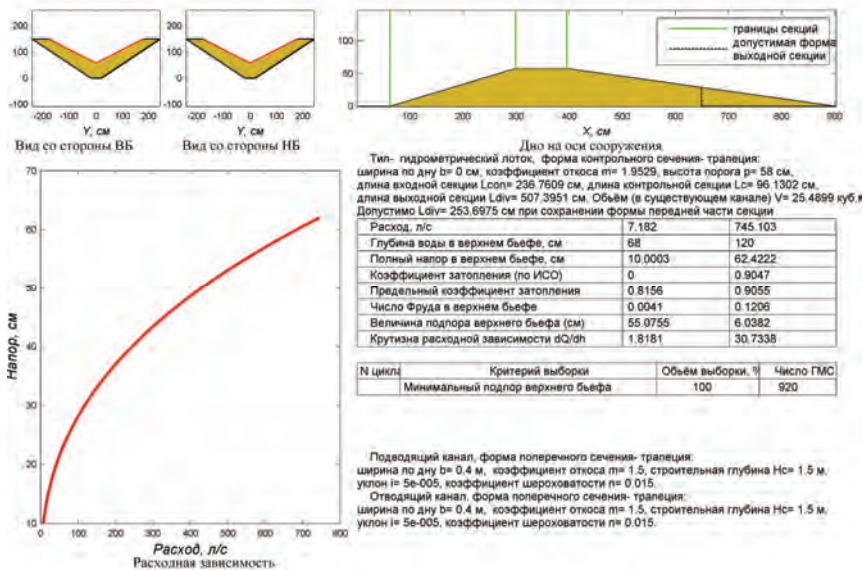


Рис.1. Параметры гидрометрического лотка критической глубины, вычисленного по критерию минимального подпора верхнего бьефа

Изменение режима течения в верхнем бьефе гидрометрического сооружения вызывает осаждение взвешенных наносов, что особенно проявляется на малых расходах (скоростях потока). Минимальное влияние гидрометрического сооружения на гидравлику потока в подводящем канале имеет место при максимальном совпадении их расходных характеристик. Проведенный анализ показал возможность расчета лотка как трапециевидальной, так и параболической формы, удовлетворяющего данному условию. Число таких конструкций не превышает нескольких процентов от общего числа возможных вариантов. На рис. 2 приведены параметры гидрометрического лотка, вычисленного по критерию минимального заиливания подводящего канала.

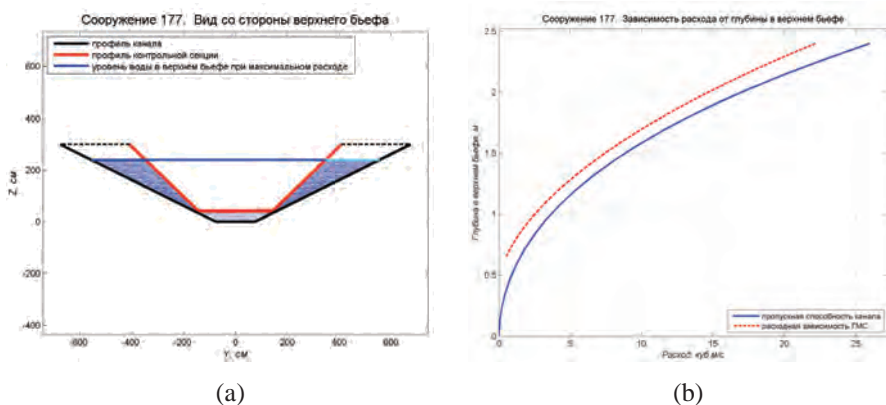


Рис. 2. Гидрометрический лоток критической глубины для минимального заиливания подводящего канала: а- геометрия поперечного сечения, б- расходная характеристика. Канал: $B_c=1,5$ м; $m_c=2$; $I_c=0,0005$; $n=0,015$. Гидрометрический лоток: $B_l=2,862$ м; $m_l=1,0308$; $p_l=0,42$ м.

Помимо гидравлических параметров при расчете оптимальной геометрии гидрометрического лотка предусмотрены метрологические и конструкционные критерии. Это, в частности, – линейность расходной зависимости $Q=f(h_{ВБ})$ и её крутизна на отдельных участках кривой расхода, что необходимо для повышения точности отсчета уровня воды уровнемерами надводного и подводного типов, а также максимальный диапазон измерений (если не заданы

требуемые границы). Конструкционные критерии служат для оценки необходимости фундамента (для оценки веса вычисляется объем сооружения в существующем канале) и упрощения технологии строительства (вычисляются конструкции с заданными геометрическими параметрами). Для облегчения проектирования в математическом обеспечении предусмотрен расчет сложной геометрии участков сопряжения лотка с каналом. Расчет конструкции, оптимальной по нескольким параметрам, может выполняться по двум алгоритмам: на основе максимального критерия и методом ранжирования.

Простейшим вариантом реализации лотка критической глубины в небольших каналах является лоток с цилиндрической горловиной. На рис. 3 приведены характеристики цилиндрического лотка в трапециевидном канале ($B_c=0,4$ м; $m_c=1$; $I_c= 0,0005$). Внутренний диаметр горловины лотка – 0,5 м.

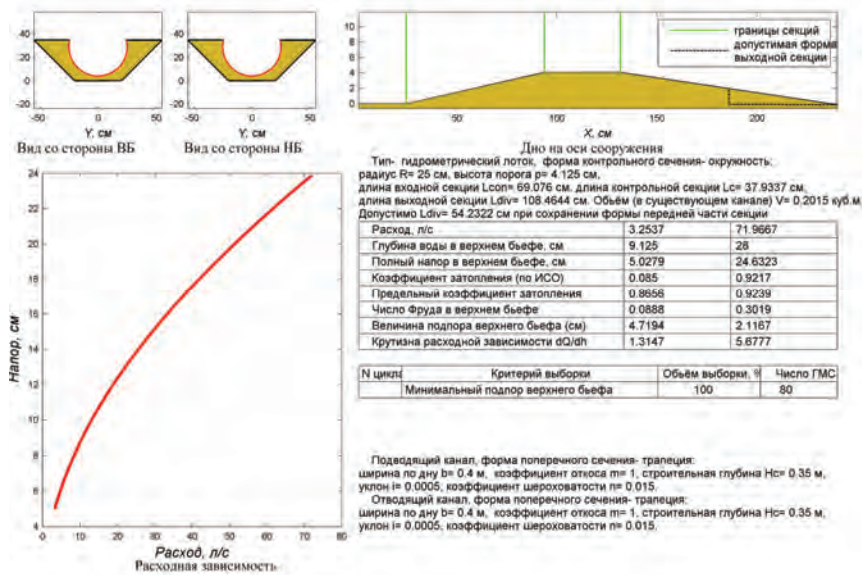


Рис.3. Протокол расчета цилиндрического лотка критической глубины

Достоверность расчета гидрометрических лотков проверялась по данным лабораторных и натурных измерений. Различие экспериментальных и

расчетных значений расхода не превышало 1...2% [5,7]. Лабораторные эксперименты показали, что значения коэффициента предельного затопления могут достигать значений 0,9...0,95, что существенно превышает рекомендуемые (например, в МИ 2406-97) значения $S_{\max}=0.7...0.75$. Кроме того, необязательно стандартное требование наличия входных закругленных закрылков. Главным условием является безотрывный вход потока в горловину для сокращения потерь кинетической энергии. Это условие соблюдается при $L_{\text{con}}/d_B=2..3$ (d_B – максимальная разность значений ширины подводящего канала и горловины) на предельной глубине в верхнем бьефе. Результаты исследований учтены при разработке программного обеспечения (голубая линия на рис. 2а).

Натурные исследования проведены на лотке критической глубины с расходом до $5 \text{ м}^3/\text{с}$, спроектированным с участием ВНИИГиМ и построенном в Дагестане на участке Карабудахкентского УОС канала Октябрьской революции (рис.4) [8]. Параметры канала и лотка: $B_c=1,7 \text{ м}$; $m_c=2$; $H_c=2,4 \text{ м}$; $B_t=0,62 \text{ м}$; $m_t=0,8$; $p_t=0,2 \text{ м}$; $L_{\text{con}}=4,5 \text{ м}$; $L_t=2,9 \text{ м}$; $L_{\text{div}}=9,5 \text{ м}$ (L_{con} , L_t , L_{div} - длина входной секции, горловины и выходной секции, соответственно).



Рис. 4. Опытный образец гидрометрического лотка критической глубины на канале КОР в Дагестане

Измерения расхода воды выполнялись методом «скорость-площадь» с применением гидрометрической вертушки ГМЦМ Микро –01. Геометрический напор $h=0,7$ м. Расчет общего расхода выполнялся 2-мя способами: а) суммированием расходов в отдельных отсеках с центром в точке расположения измерителя ($Q_1=1,023$ м³/с) и б) по средним скоростям на вертикалях согласно МИ 1759–87($Q_2= 0,995$ м³/с).

На рис. 5 приведены результаты численного моделирования потока через гидрометрический лоток с геометрией натурального объекта. Показанные на графике эпюры скорости и профиль свободной поверхности – интерполяция трехмерной структуры потока на вертикальную плоскость вдоль оси канала (XOZ). Различие экспериментального и расчетного расходов $\delta_{Q1} = 4\%$, $\delta_{Q2}=1,4 \%$.

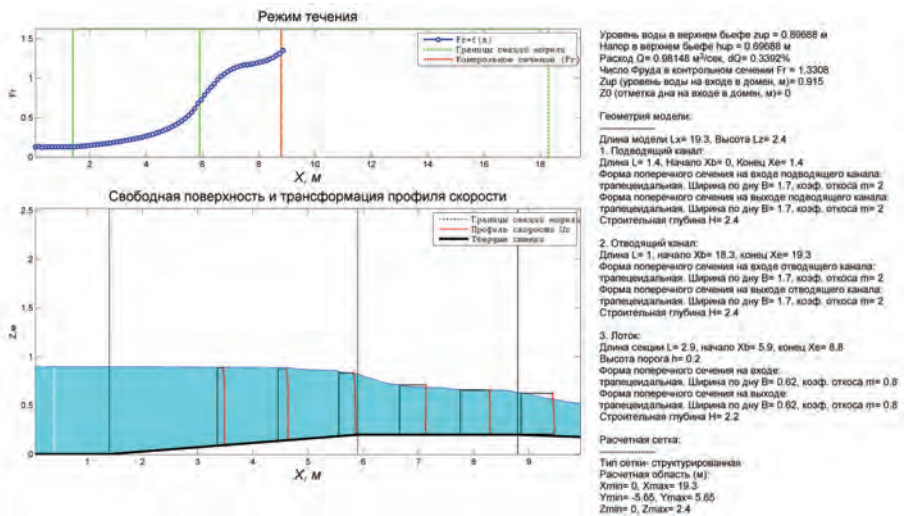


Рис. 5. Протокол численного расчета гидрометрического лотка, представленного на рис. 4

Заключение

Параметры гидрометрических лотков, вычисленные с помощью разработанного математического обеспечения, предельно точно учитывают

поставленные требования и, одновременно, геометрические и гидравлические характеристики канала.

Для предотвращения влияния износа стенок канала при длительной эксплуатации или появления растительности помимо запаса по глубине можно задавать повышенную шероховатость русла (коэффициентом n или парами значений $h-Q$).

Учитывая универсальность метода, разработанный инструментарий может быть использован для проектирования широкого круга гидрометрических конструкций, а также для повторной калибровки существующих гидрометрических сооружений, в том числе построенных с нарушением часто трудно выполнимых требований стандартов.

Список использованных источников

1. Steven J. Wright; Blake P. Tullis; Tamara M. Long. Recalibration of Parshall flumes at low discharges. J. Irrigation and Drainage Engineering. 1994; 120(2):348-362
2. Ackers P., White W.R., Perkins T.A., Harrison A.J. Weirs and Flumes for Flow Measurement. Chichester- New York- Brisbane- Toronto, John Wiley and Sons, 1978
3. Bos M.G., Replogle S.A., Clemmens A.J. Flow Measuring Flumes in Open Channel Systems. Chichester- New York- Brisbane- Toronto- Singapore, John Wiley and Sons, 1984
4. ISO 4359 “Liquid flow measurement in open channels – Rectangular trapezoidal and U-shaped flumes”. – Geneva, ISO, 1980. Ревизия: ISO 4359:2013.
5. Кушер А.М. «Разработать метод и компьютерную технологию расчета гидрометрических лотков», НТО, ВНИИГиМ, 2011.
6. Кушер А.М. Расчет и выбор конструкции гидрометрического лотка на каналах водохозяйственных систем. Материалы Международной научно-практической конференции «Проблемы развития мелиорации и водного хозяйства и пути их решения», часть 4 «Водные объекты: состояние, проблемы и пути их решения», МГУП, М., 2011, с. 176- 183

7. Кушер А.М. Исследование гидрометрических лотков с длинной горловиной численным методом // "Мелиорация и окружающая среда". Юбилейный сборник научных трудов, т.2, М. 2004,с.105-115.

8. НТО "Разработать теорию гидравлики гидрометрических сооружений и технологии водоучета на мелиоративных системах". Москва, ВНИИГиМ, 2004

УДК 574.5 (282.247.42)

ТРАНСГРАНИЧНЫЕ ВОДОТОКИ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА И МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

М.К. Онаев, кандидат технических наук, доцент

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет

имени Жангир хана.

г. Уральск, Республика Казахстан

В статье приведены сведения о гидрологическом и гидрохимическом режимах трансграничных водотоков Западного Казахстана. Дан анализ возможностей международного сотрудничества по проблемам использования водных источников.

The article presents data on hydrological and hydrochemical regimes of Transboundary Watercourses Western Kazakhstan. The analysis of opportunities for international cooperation on the use of water sources.

Главными источниками водных ресурсов Западно-Казахстанской области, используемых в сельском хозяйстве, являются поверхностные воды.

На формирование характера и водообеспеченности водотоков Западного Казахстана основное влияние оказывают рельеф местности, климатические условия, почвогрунты и их гидрогеологические особенности [1].

Реки изучаемого бассейна по условиям водного режима относятся к Казахстанскому типу с резко выраженным преобладанием стока в весенний

период. В годовом разрезе режим стока большинства рек характеризуется высоким весенним половодьем и низкой летней меженью с редкими дождевыми паводками [2].

Сток рек территории резко колеблется по годам. В многоводные годы величина стока превышает среднее многолетнее значение в 3-5 раз, в маловодные годы характеризуется крайне низким значением стока. Отличительной чертой многолетнего хода стока является большая повторяемость лет с низкой водностью, нередко следующих один за другим и образующих маловодные периоды.

Основные реки региона – Урал, Большой и Малый Узени, Илек, Шаган являются трансграничными реками.

Данная работа выполнена в рамках научно-технической программы «Водная безопасность Республики Казахстан – стратегия устойчивого водообеспечения» в соответствии с заданием «Каталог водных ресурсов и системы мониторинга для устойчивого управления водными ресурсами Западного Казахстана».

Главной водной артерией области является река Урал. Длина р. Урал в пределах области составляет 761 км. В границах области р. Урал имеет водосборную площадь 116678 км, при общей площади водосбора 220000 км². Гидрологические показатели стока реки Урал по гидропосту «Кушум» за последние десятилетия приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Гидрологические показатели стока реки Урал по гидропосту «Кушум» (по данным Западно-Казахстанского гидрометеоцентра)

Год	Среднегодовой уровень, см	Среднегодовой расход, м ³ /с	Годовой объем стока, км ³ /год
Среднегодовой до 1995 года	181	302	9,5
Среднегодовой за 1995-2000 годы	166	250	7,25
Среднегодовой	227	366	11,5

за 2001-2005 годы			
Среднегодовой за 2006-2010 годы	153,2	225,8	6,55
2011 г.	162	203	6,4
2012 г.	142	182	5,75
2013 г.	-	-	7,89

Объем годового стока с 2006 по 2012 годы имел наименьшие значения.

Природно-климатические и антропогенными факторы являются основными причинами снижения объемов годового стока [3]. В 2013 году годового объем стока составил 7,89 км³/год. Объем стока в 2014 году близок к значению предыдущего года.

В 2014 году в период весеннего половодья минерализация воды в реке Урал в створах от п. Январцево до п. Кушум изменялась от 734 до 335 мг/дм³ соответственно, общая жесткость изменялась от 7,9 до 4,5 мг-экв/л, рН – от 7,91 до 7,9. В летний период минерализация воды в реке изменялась от 696 до 663 мг/дм³, соответственно по створам, общая жесткость изменялась от 6,7 до 6,8 мг-экв/л, рН – от 8,15 до 7,91. Вода весной и летом умеренно жесткая. В результате наблюдений был изучен характер сезонных изменений основного ионного состава воды р. Урал. Большую часть среди анионов весной преобладают гидроксид-ион – 52 % мг-экв на посту Кушум, среди катионов доминирует магний. На его долю приходится до 53 % мг-экв, близко к стабильному в течение года содержание кальция. В реке Урал содержание хлорид-иона весной соответствует 25-32 % мг-экв, летом – 33 % мг-экв. Среди загрязняющих элементов в значительной степени в пробах, как весеннего так и летнего отбора, обнаружено содержание Cr^{общ} и Cr⁺⁶. В незначительной степени обнаружено содержание железа. Химический состав воды реки Урал в весенний период гидрокарбонатно-сульфатный магниевый-кальциевый. В летний период вода гидрокарбонатно-хлоридная кальциево-натриево-магниевая.

Река Илек, с длиной в 1085 км, является самым крупным левобережным притоком реки Урал. Площадь водосбора в 41300 км² при сложившихся

рельефных условиях обеспечивает средний многолетний расход воды около 40 м³/с. За 2011 год по гидрометеопосту н.п. Чилик среднегодовой уровень воды составил 169 см, среднегодовой расход воды 23,6 м³/с и объем стока за год 0,74 км³. Аналогичные показатели за 2012 год составляют соответственно 165 см, 23,7 м³/с и объем стока за год 749 млн. м³. Для 2013 года значение годового объема стока составили у н.п. Чилик – 442 млн. м³. Минерализация воды в реке Илек составила 642 мг/дм³, общая жесткость 8,2 мг-экв/л, рН – от 8,25. Химический состав воды в весенний период гидрокарбонатно-сульфатный магниевый-кальциевый.

Среди малых трансграничных рек, имеющих огромное народохозяйственное и экологическое значение для целого региона области, являются Большой и Малый Узени.

Реки Большой Узень и Малый Узень берут начало с южных склонов Сыртового Заволжья, расположенного в пределах Саратовской области Российской Федерации. Река Большой Узень имеет длину 650 км, в том числе в пределах Западно-Казахстанской области 280 км. Суммарная длина всех притоков протяженностью более 10 км в пределах ЗКО 144 км. Площадь водосбора в устье 14300 кв. км, в пределах области 5429 кв. км. Ресурсы речных вод: в средний по водности год составляет 59,7 млн. м³/год. За 2011 год по гидрометеопосту с. Жалпактал в реке Большой Узень среднегодовой уровень воды составил 595 см, среднегодовой расход воды 5,59 м³/с и объем стока за год 0,18 км³. Аналогичные показатели за 2012 год составляют, соответственно, 579 см, 5,07 м³/с и объем стока за год 160 млн. м³.

Общая минерализация в реке Большой Узень изменялась от 261 до 2903 мг/дм³, характеризуется как слабосолоноватый. Перманганатная окисляемость весной – 6,56 мг/дм³, летом – 6,4 мг/дм³. Сезонные изменения значений окисляемости аналогичны изменениям концентрации биогенных элементов. В верховьях реки вода круглый год пресная, в средних и нижних течениях к концу лета вода делается горько-солёной. Содержание азотсодержащих веществ находится на удовлетворительном уровне в пределах установленных норм.

Содержание тяжелых металлов не превышает ПДК, кроме хрома. Повышение уровня содержания хрома возможно зависит от антропогенных источников. Качество воды реки оценивается как умеренно-загрязненная. По сравнению с предыдущими годами качество воды в реке существенно не изменилось. По солевому составу гидрокарбонатно-сульфатный кальциево-магниевый. Химический состав по формуле Курлова изменялся от гидрокарбонатно-сульфатный кальциево-магнезиевый в весенний период, до типа хлоридный натриево-калиевого в летний период.

Длина реки Малый Узень составляет 638 км, в том числе в пределах Республики Казахстан 390 км. Суммарная длина всех притоков протяженностью более 10 км в пределах ЗКО – 209 км. Площадь водосбора в устье 13200 кв. км, в пределах ЗКО 6773 кв. км. Ресурсы речных вод в средний по водности год составляют 29,8 млн. м³/год. Объем годового стока в 2013 году у с. Бостандык составил 38,5 млн. м³. Минимальные среднемесячные расходы в летний и зимний периоды практически равны нулю. В бассейне реки существует четыре водохранилища полным объемом 40,75 млн. м³ и 69 прудов с общим объемом 4,83 млн. м³. Площадь зеркала водохранилищ равна 6 кв. км.

В реке Малый Узень показатели воды по общей минерализации в разные годы изменялись от 258 до 1875 мг/дм³, от весьма пресной до слабосолоноватой. Значение рН в среднем весной были равны от 7,20 до 7,65, а в летний период значение рН повысились 7,6-8,50. Общая жесткость – от 3,30 до 14,2 мг-экв/л. Мутность реки весной превышает нормы, в летний период 0,52 мг/л, что не превышает удовлетворительного уровня. В реке содержание хлорид-иона весной – 20,0 мг/дм³, летом – 308,0 мг/дм³. В содержании нитритов, нитратов, ионов аммония и окиси кремния сильных изменений нет, находятся на удовлетворительном уровне. В реке содержание тяжелых металлов весной и летом не превышает установленных норм, кроме хрома шестивалентного, незначительно превышающего ПДК. Качество воды реки оценивается как умеренно-загрязненная. Вода в реке Малый Узень по химическому типу весной относится к гидрокарбонатно-сульфатному

кальциево-магниевому типу. В летний период химический состав соответствует хлоридно-магниевому типу.

Трансграничные реки Малый и Большой Узени верхними частями своих бассейнов располагаются в Саратовской области РФ, где и формируется (на 95 %) их водный сток. В естественных условиях по этим рекам из Российской Федерации поступало в РК в среднем 440 млн. м³/год. Значительные стоки трансграничных рек, а также сотрудничество двух государств позволяют эффективно использовать водные ресурсы для народного хозяйства.

На реке Большой Узень была построена Больше-Узенская оросительная система. В систему входят река Большой Узень, каскад из двух водохранилищ Сарычаганакского и Айдарханского, системы Больше-Узенских лиманов, лиман Баубек и Айдарханские лиманы. Водозабор бесплотинный, самотечный. Волжская вода подается по Саратовскому каналу в р. Большой Узень. Система обеспечивает водой 0,9 тыс. га регулярного, 25,9 тыс. га лиманного и 445 тыс. га обводненных пастбищ в двух районах и хозяйствах 12 сельских округов области. Кроме этого вода по системе подается в Камыш-Самарские озера для рыбохозяйственных целей [4].

В Мало-Узенскую оросительную систему входят каскад из 4 водохранилищ Варфоломеевского, Казталовского №1, Казталовского №2, Мамаевского, река Малый Узень, системы Варфоломеевских лиманов, лиманов 1 Казталовского и 2 Казталовского, Мамаевского гидроузлов, лиманов Сокрыльской системы. Водозабор производится из Варфоломеевского водохранилища Саратовской области, куда подается волжская вода по Саратовскому каналу. Система обеспечивает водой 1,8 тыс. га регулярного, 44 тыс. га лиманного, 327 тыс. га обводнения пастбищ в двух районах и хозяйствах 13 сельских округов области.

Не менее интересен опыт сотрудничества и взаимоотношений при использовании волжской воды. В 8 сельских округах Жаныбекского района с численностью населения до 17 тыс. человек используется вода, поднимаемая из Волги. Подаваемая сюда вода из Палласовского канала (Волгоградская область)

является единственным водисточником на территории вышеуказанных сельских округов и не имеет альтернативы. В расчете на подачу Волжской воды в районе была создана Жаныбекская ООС.

С приходом этой воды в районе построены многие новые поселки. Численность населения Жаныбекского района увеличилось в два раза. Жаныбекская ООС водообеспечивала 1,5 тыс. га лиманного орошения и 489,3 тыс. га обводненных пастбищ.

Проектные объемы подаваемой воды составляли: по реке Большой Узень – 107 млн. м³, по реке Малый Узень – 74,1 млн. м³, а в Жанибекский район ежегодно поступало не менее 70 млн. м³ волжской воды из Палласовского канала Волгоградской области.

Но, однако, уже к началу 90-х годов водный сток этих рек был полностью перекрыт системой водохранилищ в Саратовской области. В связи с этим по решению Минводхоза СССР в Западно-Казахстанскую область производилась ежегодная подача 242 млн. м³ волжской воды из Саратовского канала, взамен паводкового стока.

Основы взаимоотношений и сотрудничества при использовании стока трансграничных водотоков заложены в международных принципах справедливого распределения стока и водопользования, определенных Хельсинской конвенцией по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (Хельсинки, 17 марта 1992 г.), ратифицированных Российской Федерацией в 1993 г и Республикой Казахстан в 2000 г, а также в Соглашении между РК и РФ от 27 августа 1992 г «О совместном использовании и охране трансграничных водных объектов».

С приобретением суверенитета и независимости государств подача воды из указанных областей РФ стала производиться на коммерческой основе и в объемах значительно меньших расчетно-потребных. При этом фактический объем платной водоподачи в реку Большой Узень не превышал в среднем 68 % от расчетно-потребного, а в бассейн реки Малый Узень – всего 39 %. Такая резко заниженная и крайне неравномерная (по годам) подача воды объясняется

не ограниченностью водных ресурсов, а недостатком денежных средств в области для своевременной оплаты их потребных объемов. В таблице 2 приведены сведения об объемах подаваемой воды в разрезе 20 лет. Это создало большие трудности в водообеспечении населения, сохранении рыбохозяйственных водоемов и экологической обстановки в этой наиболее маловодообеспеченной части Урало-Каспийского бассейна.

Таблица 2 – Объемы подаваемой воды из Саратовского канала и Паласовской системы

Показатели	Годы				
	1991	2000	2005	2009	2010
Подача воды из Саратовского канала в:					
- р. М. Узень	55,3	7,31	20,32	37,14	46,0
- р. Б. Узень	19,6	-	-	33,86	38,4
Подача воды из Паласовской системы в Жаныбекскую ООС	34,0	11,78	16,3	26,0	30,0

В настоящее время особенно остро стоит вопрос о водообеспечении Казталовского, Жангалинского и Жанибекского районов ЗКО с численностью населения более 58 тыс. человек.

Кроме того, здесь деградировали крупные оросительно-обводнительные системы (Малоузенская и Большеузенская), созданный на них каскад из 6 русловых водохранилищ, 7 широко известных рыбохозяйственных озера, а также уникальная группа озер Камыш-Самарских разливов.

Бесспорно, что в условиях современных рыночных взаимоотношений и независимости государств, эксплуатационные затраты на подачу дополнительной воды в целях народохозяйственного использования должны быть оплачены в соответствии с интересами предприятий подающих воду или

обслуживающих системы. Рациональный и разумный подход в этих вопросах является основой геополитики современных государств.

Более современные подходы с учетом международного опыта подсказывают, что для решения вышеуказанных проблем необходимо принятие двухстороннего межгосударственного соглашения (договора) между РК и РФ о совместной охране и использования трансграничных вод реки Урал и бессточных рек Малой и Большой Узены на принципах равно долевого распределения водных ресурсов и водопользования, не причиняющих ущерба ни одной стороне. Заключение такого соглашения позволило бы выработать комплексную программу рационального водораспределения и природоохранных мероприятий на долговременный период в соответствии с рекомендациями Международной конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (Хельсинки, 17 марта 1992г).

Библиографический список

1. **Курмангалиев Р.М.** Формирование и изменение климатического режима Северо-Западной Азии (Западный Казахстан) как фактора влагообеспеченности / Р.М. Курмангалиев – Уральск: Зап.-Казахст. аграр.-техн. ун.-т им Жангир хана, 2010. – 109 с.

2. **Курмангалиев Р.М.** Оценка гидроэкологической ситуации в бассейне реки Урал и ее влияние на формирование биоресурсов / Р.М. Курмангалиев, М.К. Онаев, С.М. Жумин // Ғылым және білім. – Уральск, 2009. - №3. – С. 135-140.

3. **Онаев М.К.** Водные ресурсы Западно-Казахстанской области и их использование / Материалы Международной научно-практической конференции магистрантов и докторантов PhD по программе 158982 – TEMPUS-ES-TEMPUS JPCR «Управление водными ресурсами Центральной Азии» на тему «Проблемы вододелия и пути улучшения качества воды трансграничных рек Казахстана» // М.К. Онаев, Б.М. Мусаева. - Алматы: КазНАУ, 2012. С.6-10.

4. **Онаев М.К.** Лиманы Западно-Казахстанской области / М.К. Онаев. – Уральск, 2012. – 135 с.

Математические модели – надежный инструмент прогноза

концентраций пестицидов в грунтовых водах

Колупаева В.Н., кандидат биологических наук

Горбатов В.С., кандидат биологических наук

ФГБНУ ВНИИФ, Большие Вяземы, Россия

Используя компьютерную модель PEARL и стандартные сценарии входных данных девяти регионов РФ, были рассчитаны прогнозные концентрации 129 пестицидов в стоке грунтовых вод на глубине 1 м. Определен перечень пестицидов, ожидаемая концентрация которых превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК_{вод.}), установленную для вод питьевого назначения. Также получен список веществ, для которых расчетная концентрация оказалась выше 0,1 мг/л (порогового значения для Европейского Союза), но ниже ПДК_{вод.} Эти пестициды должны стать объектом внимательного изучения и мониторинга.

Using a computer model PEARL and standard scenario of nine regions of the Russian Federation, calculated predicted concentration of 129 pesticides were calculated groundwater percolate at a depth of 1 m. The list of pesticides, which expected concentrations exceed human indexes (maximum permissible concentration) for drinking water was established. The other docket included pesticides, whose simulated concentration was above 0.1 mg / l (the threshold level for the European Union), but lower human toxicological criteria. These pesticides have to become object of attentive studying and monitoring.

Моделирование является эффективным инструментом познания, прогнозирования и управления природными процессами. Все естественные и общественные науки, использующие математический аппарат, по сути занимаются математическим моделированием. Первые модели, описывающие

поведение пестицидов в окружающей среде, появились в 80-е годы, а бурное развитие произошло с 1991 по 2000 годы, когда появилось более 80-ти моделей, 4 из которых наиболее изученные, проверенные на большом количестве экспериментальных данных, показавшие наилучшую точность прогноза и имеющие подробные руководства по параметризации и использованию были рекомендованы для использования при регистрации средств защиты растений в ЕС для оценки концентраций пестицидов в почвах и грунтовых водах (1).

Основные преимущества моделирования – это его экономичность и скорость. Ежегодно в мире регистрируются сотни новых пестицидов, сельскохозяйственные территории характеризуются огромным разнообразием почвенных, гидрологических, погодных условий, возделываемых культур и способов обработки почвы. Использование моделей позволяет учесть влияние этих факторов на подвижность пестицидов в почве, определить наиболее уязвимые, с точки зрения опасности попадания в грунтовые воды, соединения и почвенно-климатические комбинации, и принять решение о необходимости дополнительных полевых и лизиметрических исследований.

В России математическое моделирование, как инструмент оценки концентраций пестицидов в объектах окружающей среды, используется с 2007 года, когда приказом Минсельхоза была утверждена форма “Сведений о пестициде” в формате ОЭСР (2).

Моделирование также является практически единственным источником сведений о концентрациях пестицидов в подземных водах. В Российской Федерации государственный мониторинг пестицидов в питьевой воде организует и проводит Роспотребнадзор. Ведомством, уполномоченным за экологический мониторинг пестицидов (почва, поверхностные воды и атмосферный воздух), является Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Ежегодно по результатам мониторинга публикуется сборник (3). Так в 2013 году в РФ было взято 2516 проб почвы, 298 проб воды (из них 5 – грунтовые воды из почвенных разрезов до 2 м глубиной). Был проведен мониторинг по 23 наименованиям пестицидов,

таких как ДДТ, ГХЦГ, диметоат, циперметрин, атразин, прометрин, 2,4-Д, трифлуралин, пиклорам и др. Следует отметить, что количество проб грунтовых вод является недостаточным для того, чтобы оценить состояние загрязнения грунтовых вод в России. Набор подлежащих мониторингу пестицидов также очень скудный, что, по-видимому, объясняется аналитическими возможностями ответственных организаций. По результатам обследования также следует отметить, что в грунтовых водах обнаруживались ГХЦГ и трифлуралин, в донных отложениях – трифлуралин, 2,4-Д, ДДТ и ГХЦГ, в почвенном профиле на глубине 60-100 см – симазин, и ДДТ.

Для сравнения в Норвегии программа мониторинга работает с 1995 года, ежегодно отбирается 450 образцов подземных вод для анализа 62 пестицидов (4). В штате Айова США ежегодно контролируется содержание 90 пестицидов в 106 скважинах, и в 70% из них находят гербициды (5). В Дании проверяют ежегодно 800 скважин, в 30 % случаев обнаруживают остатки пестицидов (6). В Швеции обнаруживают атразин, МСПА, дихлорпроп, линдан (7), в Норвегии – ДДТ, диметоат, азоксистробин, ципроконазол, металаксил, фенпропиморф, атразин, дихлорпроп, глифосат, изопротурон, клопиралид, линурон, МЦПА, бентазон, метрибузин и др. (3).

Исходя из этих данных, а также учитывая климатические особенности Российской Федерации, где многие сельскохозяйственные регионы расположены в зонах с низкими среднегодовыми температурами, длительным морозным периодом и значительным количеством осадков, можно прогнозировать высокую потенциальную опасность загрязнения грунтовых вод в этих районах. Использование моделей при регистрации пестицидов позволяет выявить группу небезопасных с точки зрения миграции веществ, наблюдение за которыми в прямом эксперименте и мониторинге необходимо.

Целью исследования было провести расчет прогнозных концентраций 129 пестицидов в 9 сельскохозяйственных районах РФ, выявить группу пестицидов, для которых имеется вероятность загрязнения грунтовых вод.

Объекты и методы

Модель PEARL

Используется при регистрации средств защиты растений в РФ и ЕС. Потоки воды в почве рассчитываются согласно закону Дарси и уравнению Ричардса. Для определения основных гидрофизических функций используется уравнение Ван-Генухтена. Дegrадация вещества описывается уравнением кинетики I порядка. Влияние температуры описывается уравнением Аррениуса, влажности – степенной функцией Уолкера. Полагается, что одновременно протекают 2 типа сорбции: равновесная, которая происходит мгновенно и количество сорбированного вещества определяется уравнением Фрейндлиха и неравновесная (процесс описывается с помощью уравнения кинетики 1-го порядка и уравнения Фрейндлиха) (8,9).

Стандартные сценарии входных данных

Были разработаны стандартные сценарии девяти сельскохозяйственных регионов Российской Федерации, реализованные в качестве входных файлов и баз данных для имитационной модели PEARL [10,11], представляющие совокупность климатических, почвенных и агрономических условий, характеризующих определенный сельскохозяйственный регион и являющийся набором входных данных математической модели.

Моделирование миграции тест-соединений в грунтовые воды

В расчетах пестициды вносили путем опрыскивания почвы согласно регламенту ежегодно в течение 20-ти лет. В результате моделирования определяли средневзвешенные годовые концентрации тест-соединений на глубине 1 м за 20 лет, которые далее ранжировали в порядке возрастания – 19-е значение представляло 90% перцентиль погодных и почвенных условий.

Результаты и обсуждение

Проведенные расчеты позволили выявить соединения (Таблица 1), прогнозируемые концентрации которых превышают принятые ПДК для вод питьевого назначения (12). В этот список вошли азоксистробин, МЦПА,

ципроконазол, которые ранее упоминались среди соединений, обнаруживаемых в грунтовых водах. Максимальное превышение ПДК прогнозируется по ципроконазолу и МЦПА (в 10 раз), по тиаметоксаму, флутриафолу и азоксистробину – в 2 раза.

Таблица 1. Прогнозируемый концентрации пестицидов в стоке грунтовых вод на глубине 1 м (мкг/л)

	Москва	Курск	Саратов	Владивосток	Псков	Новосибирск	Нижний Новгород	Краснодар	Курган
Имидаклоприд, ПДК = 30 мкг /л	31.12	0.00	0.00	18.38	26.77	0.68	36.87	1.00	0.00
Тиаметоксам ПДК = 10 мкг /л	20.69	3.80	1.40	19.64	24.10	19.49	22.00	8.54	0.15
Ципроконазол ПДК = 1 мкг /л	8.48	0.04	0.00	5.31	7.32	1.42	9.80	0.57	0.00
Флутриафол ПДК = 10 мкг /л (яровая)	23.67	11.31	0.90	21.40	25.10	20.50	24.61	16.26	0.00
МЦПА ПДК = 3 мкг /л (пшеница)	31.56	0.01	0.00	19.32	30.01	3.02	37.60	0.39	0.00
Азоксистробин ПДК = 10	15.03	0.00	0.00	3.88	10.39	0.00	20.09	0.00	0.00

Также следует отметить, что превышение пороговых значений наблюдается в Московской, Псковской и Нижегородской областях, а также в Приморском крае, где погодные условия благоприятствуют сохранению остаточных количеств пестицидов и миграции их в почвенном профиле.

Расчеты выявили группу соединений (таблица 2), прогнозные концентрации которых ниже

Таблица 2. Сведения о пестицидах и прогнозируемые концентрации пестицидов в стоке грунтовых вод на глубине 1 м (мкг/л)

	Доза применения, кг / га	DT ₅₀ , сут	K _{oc} , м ³ /кг	ПДК в воде (мкг / л)	Концентрация в стоке, глубина 1м, мкг /л
Амидосульфурон	0.010	29	29.3	3	0.26
Азимсульфурон	0.015	133	73.8	50	1.77
Дикамба	1.490	11	2.4	20	13.07
Диметахлор	1.500	16	69.0	10	5.19
Диметамид-П	0.864	67	227.0	100	16.85
Дифлофеникан	0.100	238	1996.0	30	0.05
Изопрогурон	2.000	18	122.0	90	14.90
Имазетапир	0.080	900	52.0	90	21.20
Ленацил	1.600	18	165.0	1	0.56
Метамитрон	2.800	45	77.7	300	121.10
Метсульфурон-метил	0.006	29	39.5	10	0.11
Метрибузин	0.980	18	37.9	100	9.41
Паратион-метил	0.900	32	240.0	2	1.55
Просульфурон	0.019	229	23.0	80	4.40
Пиразосульфурон-этил	0.030	28	154.0	5	0.30
Пропамокарб гидрохлорид	4.020	137	706.0	100	53.16
Римсульфурон	0.013	30	50.3	2	0.13
Сульфометурон-метил	0.263	28	85.0	20	2.82
Тепралоксидим	0.100	14	22.2	2	0.68
Триасульфурон	0.008	118	60.0	4	0.92
Трибенурон-метил	0.019	20	35.0	60	0.30
Тритосульфурон	0.050	38	7.5	5	4.42
Хлоросульфурон	0.006	187	36.3	10	1.10
Этофумезат	0.336	211	187.3	500	40.10
Карбендазим	0.800	40	225.0	100	0.28
Триадимефон	0.500	26	300.0	20	0.05
Клотианидин	0.013	1001	160.0	500	2.87

принятых в России величин ПДК для воды питьевого назначения, но выше принятого в ЕС порогового значения, равного 0,1 мкг/л для единичного соединения и 0,5 мкг/л для смеси действующих веществ пестицидов и их метаболитов (13). Обращает на себя внимание на тот факт, что ПДК для воды варьируют от 0,2 мкг/л для 2,4-Д до 1000 мкг/л для напропамида. Высокие значения ПДК отмечаются для азимсульфурана (50 мкг/л), изопротуона и

имазетапира (90 мкг/л), просульфурона (80 мкг/л), трибенурон-метила (60 мкг/л), этофумезата и клотианидина (500 мкг/л), карбендазима (100 мкг/л). Возникает вопрос, насколько обоснованы такие высокие значения ПДК для гербицидов, которые являются высокотоксичными для высших растений и водорослей, и, особенно, для гербицидов, принадлежащих классу сульфонил-мочевин (таблица 3). По-видимому, подходы к установке пороговых допустимых значений для действующих веществ пестицидов и метаболитов должны быть усовершенствованы.

Таблица 3. Показатели токсичности, ДДК и прогнозируемые концентрации пестицидов в стоке грунтовых вод на глубине 1 м (мкг/л)

	EC ₅₀ , мкг/л (высшие растения)	EC ₅₀ , мкг/л (водоросли)	ПДК в воде (мкг / л)	Концентрация в стоке, глубина 1м, мкг /л
Азимсульфурон	0.62	3	50	1.77
Изопрогурун	31	13	90	14.90
Имазетапир	8	-	90	21.20
Просульфурон	1.26	8.9	80	4.40
Трибенурон-метил	9.9	250	60	0.30

Проведенное исследование показало, что моделирование является эффективным инструментом в экологических исследованиях в отсутствие других методов определения концентраций в грунтовых водах и как дополнение к полевым и лизиметрическим экспериментам. Использование моделей позволяет выявлять потенциально опасные соединения и уязвимые почвенно-климатические комбинации, а также может способствовать разработке мер по снижению риска попадания пестицидов в грунтовые воды. Был определен перечень пестицидов, потенциально опасных с точки зрения загрязнения грунтовых вод. На примере нескольких гербицидов показано, что использование ПДК, в качестве пороговой величины, не может предотвратить загрязнение грунтовых вод остатками токсикантов и не является гарантией отсутствия экотоксических последствий их применения.

Библиографический список

1. FOCUS. Assessing Potential for Movement of Active Substances and their Metabolites to Ground Water in the EU. / The Final Report of the FOCUS Ground Water Work Group, EC Document Reference Sanco/13144/2010, version 1. - 2009. - 604 pp.
2. Колупаева В.Н. Компьютерное моделирование миграции пестицидов в грунтовые воды // Колупаева В.Н., Горбатов В.С. / Агрохимия. - 2011. - №6. - с. 88-96.
3. Ежегодник “Мониторинг пестицидов в объектах природной системы РФ в 2013 году”. – Обнинск, ФГБУ ВНИИГМИ-МЦД, -2014, -72 с.
4. K. Haarstad Ten Years of Pesticide Monitoring in Norwegian Ground Water. // K. Haarstad and G. H. Ludvigsen. / Ground Water Monitoring & Remediation. 27. no. 3. - 2007. - 75–89 p.
5. Kolpin, D.A. Pesticides in ground water of the United States, 1992-1996. // Kolpin, D.A., J.E. Barbash, and R.J. Gillioim. / Ground Water 38, no. 6, - 2000. - 858–863.
6. Bru’sch, W. Ground water 2004. Status and development 1998-2004. (in Danish with English summary). Copenhagen, Denmark: GEUS. - 2005. - <http://www.geus.dk/> (accessed August 1, 2006).
7. Kreuger, J., H. Pesticides in water from typological areas. Rivers and precipitation during 2002. // Kreuger, J., H. Holmberg, H. Kylin, and B. Ule’n. / Report 2003:12. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences. – 2003. 66 pp.
8. Tiktak, A. Pesticide Emission at Regional and Local scales: Pearl version 1.1 // Tiktak, A., van den Berg, F., Boesten, J.J.T.I., Leistra, M., van der Linden, A.M.A. and van Kraalingen, D. / User Manual. RIVM report 711401008, Alterra report 29. – 2000. – 142 pp.
9. Leistra, M. PEARL model for pesticide behaviour and emissions in soil-plant systems. Description of processes. // Leistra, M., van der Linden, A.M.A.,

Boesten, J.J.T.I., Tiktak, A., van den Berg, F. / Alterra report 13, RIVM report 711401009. – 2000. – 115 pp.

10. Колупаева В.Н. Стандартные российские сценарии моделей поведения пестицидов в окружающей среде/ Колупаева В.Н., Кокорева А.А., Горбатов В.С. // Сборник материалов Международной научно-практической конференции “Проблемы регистрации и использования пестицидов в Украине”. Киев, 2012. - С. 47-48.

11. Колупаева, В.Н. Моделирование миграции пестицидов в грунтовые воды с помощью модели PEARL и стандартных сценариев регионов России. / В.Н. Колупаева, В.С. Горбатов. // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы исследования окружающей среды», посвященной 150-летию со дня рождения Г.Н. Высоцкого. - Сумы, 20-22 мая 2015 г. - С. 161-166.

12. ГН 1.2.3111-13 . Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень). - 2013. - 118 с.

13. European Union. Directive 2006/118/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 on the protection of groundwater against pollution and deterioration. Official Journal of the European Union. 2006. L372:10-31, 27/12/2006. 31 pp.

Оценка возможности использования противопаводковой ёмкости Рузского водохранилища для обводнения и улучшения качества воды Москворецкой системы

Ильнич В.В., профессор, Бельчихина В.В., аспирантка.

*ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ - МСХА ИМЕНИ К.А.ТИМИРЯЗЕВА», кафедра гидрологии,
гидрогеологии и регулирования стока,
г. Москва, Россия*

Рузское водохранилище находится в верховье Москворецкой системы водохранилищ, которая предназначена для обеспечения водными ресурсами Москвы и Московской области. Его сбросные расходы воды наряду с водами Можайского и Озернинского водохранилищ проходят практически через всё верхнее течение реки Москвы до Рублёвского гидроузла и во многом влияют на количественные и качественные характеристики водоснабжения Москвы. Одним из немаловажных факторов, оказывающих влияние на качество воды Москворецкой системы, является цветение сине-зелёных (цианистых) водорослей в водохранилищах, которые развиваются в основном в период летней межени.

Из отчётных данных экологической и водохозяйственной фирмы ООО «ВЕД» о проведённых исследованиях в 2009 году [11] следует, что из всех водохранилищ Москворецкой системы - Рузское водохранилище в значительной степени подвержено процессу цветения, чему способствует исключительно малая скорость водообмена в водоёме. Исследования [4] позволили получить типовое распределение по месяцам и декадам года количества фитопланктона (рис. 1), шестьдесят процентов от которого, как минимум, составляют сине-зелёные водоросли (рис.1).



Рис. 1. Диаграмма распределения количества фитопланктона с мая по сентябрь на Рузском водохранилище.

Из рисунка 1 видно, что на Рузском водохранилище самое большое количество сине-зелёных водорослей приходится на июнь месяц с наибольшим пиком в первой его декаде, второй максимум наблюдается во второй половине августа. Такое распределение количества сине-зелёных водорослей и их интенсивности цветения является достаточно типичным для водоёмов северного полушария мира [1,3,6,7,14].

Известно, что среди факторов, влияющих на интенсивность цветения сине-зелёных водорослей, немаловажную роль играют скорость перемещения поверхностных водных масс и их температура, которая в свою очередь зависит не только от погодных проявлений климата, но и от глубины акватории. Однако, степень перемещения поверхностных вод и глубина водоёма зависит от правил регулирования стока. Поэтому посредством режима наполнений и пусков водохранилища можно повлиять на интенсивность цветения водоёма.

Соответственно основная цель настоящего исследования – изучить возможность увеличения проточности водохранилища и его глубины на мелководьях за счёт безопасного частичного использования противопаводковой ёмкости после прохождения пика половодья и временного увеличения общего

объёма водохранилища в течение мая и июня с последующим увеличением сбросов водохранилища в летний период. Второстепенной целью являлась оценка возможности увеличения обеспеченности плановой водоотдачи и её фактической величины при наличии дополнительного запаса воды в противопаводковой ёмкости перед летним межнным периодом.

Задачи работы:

- оценка безопасности частичного и временного использования противопаводковой ёмкости;
- формирование новых логических условий регулирования стока;
- оценка вероятностных характеристик водоотдачи при новых правилах управления водохранилищем;
- оценка изменения степени водообмена водохранилища в летний период при новых правилах регулирования стока.

Основные нормативные характеристики Рузского водохранилища приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные характеристики Рузского водохранилища.

Отметки, м			Объем, млн. м ³		Площадь зеркала при НПУ, км ²
Форсированный подпорный уровень ФПУ	Нормальный подпорный уровень НПУ	Уровень мёртвого объёма УМО	полный	полезный	
183,8	182,5	169,0	220	216	32,7

При проектировании водохранилища противопаводковая ёмкость была рассчитана на прохождение нормативного по вероятности гидрографа половодья [10]. Объёмы и максимальные расходы весеннего половодья реки Рузы значительно превышают объёмы и максимальные расходы дождевых паводков [5,9,13]. Поэтому достаточно безопасным вариантом регулирования

стока можно считать частичное наполнение водохранилища выше нормального подпорного уровня в конце половодья при оставлении некоторой части противопаводковой ёмкости свободной на случай прохождения катастрофического дождевого паводка. Такая гипотеза ранее проверялась относительно других водохранилищ водохранилища [8,15,16]. В данном случае она подтвердилась проведёнными расчётами трансформации гидрографов половодья и дождевого паводка установленной расчётной вероятности превышения 0,01% [13]. Расчёты трансформации половодья и определение самой противопаводковой ёмкости были проведены в отчёте [10]. При этом максимальный сбросной расход воды в нижний бьеф оказался $620 \text{ м}^3/\text{с}$, а форсированный подпорный уровень ФПУ= 183,8 м. Проведённые расчёты трансформации дождевого паводка при условии наполнения водохранилища перед паводком до НПУ=182,5 м (рис. 2) дали следующие результаты: максимальный сбросной расход воды оказался $530 \text{ м}^3/\text{с}$, а форсированный уровень 183,1 м при нормативном форсированном уровне 183,8 м. То есть остаётся ещё достаточно большой резерв для пропуска нормативного паводка. Поэтому было принято решение провести имитационные балансовые расчёты наполнений при условиях частичного использования противопаводковой ёмкости водохранилища при начальном уровне перед дождевым паводком на 0,3 м выше НПУ - 182, 8 м, что практически не приводит к каким – либо дополнительным затоплениям территории верхнего бьефа водохранилища, но позволяет использовать дополнительно около 6 млн м^3 воды. При таких условиях были получены следующие результаты: форсированный подпорный уровень 183, 3 м, а максимальный сбросной расход – $550 \text{ м}^3/\text{с}$, что значительно меньше соответствующих величин при трансформации половодья. Эти отметки поверхности воды показаны на рисунке 2 в виде схемы отметок уровней воды.

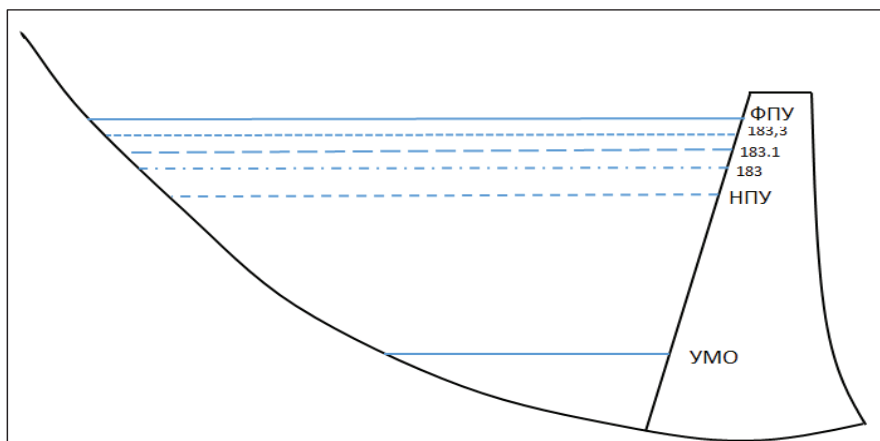


Рис. 2. Схема схемы отметок расчётных уровней воды

Таким образом, нормативные требования относительно затопления нижнего бьефа водохранилища выдерживаются с достаточной гарантией безопасности. При этом для временного увеличения запаса воды в водохранилище и увеличения его попусков в июне - августе месяцах добавляется около 6 млн м³, что даёт возможность дополнительного обводнения всей Москворецкой системы и значительного увеличения степени водообмена самого Рузского водохранилища в течение июня, а также его глубины на мелководьях с целью уменьшения интенсивности цветения синезелёных водорослей.

Предложенный подход к управлению водохранилищем потребовал изменения логических условий регулирования стока в рамках традиционного решения основного балансового уравнения располагаемых водных ресурсов водохранилища относительно расчётного временного интервала (1), который был принят равным одной декаде:

$$V_{кф} = V_n + W - U - S, \quad (1)$$

где

V_n – начальное наполнение к расчётному интервалу;

$V_{кф}$ – «фиктивное» конечное наполнение водохранилища на конец интервала (без ограничений по объёму);

W - приток за расчётный интервал времени;

$U(V_k)$ – водоотдача за расчётный интервал времени;

S – возможный сброс воды (без её использования) в случае излишков воды.

Обычно это уравнение использовалось при традиционных правилах использования располагаемых водных ресурсов водохранилища в соответствии с диспетчерским графиком [2,6,10], представленным на рисунке 3.

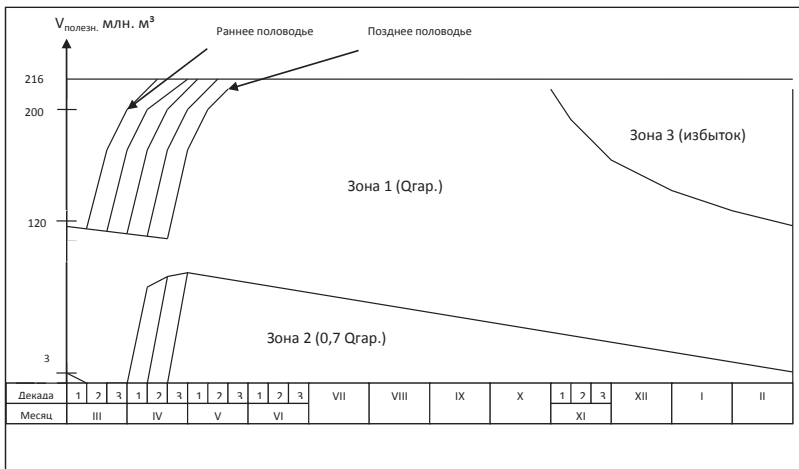


Рис. 3. Диспетчерский график режима работы Рузского водохранилища.

В данном случае предложенный новый подход к регулированию стока был проверен посредством балансовых расчётов водохранилища по правилам исходного диспетчерского графика с некоторыми изменениями в период с апреля (после прохождения максимума половодья) до последней декады июня (период наиболее интенсивного цветения сине-зелёных водорослей). В этот период после прохождения пика половодья при наличии избыточного притока - водохранилище наполнялось выше НПУ - до уровня 182, 8 м. Основное уравнение для расчётов наполнений водохранилища (1) и численных значений его нормативных объёмов (мёртвый, полезный и полный объёмы), а также диспетчерских правил его регулирования - не изменялись в период с июля по апрель. При этом – фактическое наполнение водохранилища V_k и фактическая водоотдача $U(V_k)$ на конец каждого интервала времени определялись в

соответствии с существующими диспетчерскими правилами [10] при принятых нормативных значениях мертвого объема водохранилища $V_{умо}$ и полного объема водохранилища $V_{нпу}$. Но в течение апреля, мая и июня после прохождения явного пика половодья в качестве $V_{нпу}$ принималась временно величина $V'_{нпу} = 182,8$ м. После этого во второй и третьей декаде весь объем, ранее накопленный выше НПУ пропорционально сбрасывался в нижний бьеф. За счёт таких сбросов проточность и движения поверхностных водных масс должна увеличиваться, что, во-первых – уменьшает степень размножения водорослей за счёт более высоких скоростей [3,6,7,12,14], во вторую часть водорослей сбрасываются из водохранилища в нижний бьеф, где скорости потока гораздо больше и условия для их размножения ещё хуже. Кроме того, до второй декады июня месяца, глубины в водохранилище (и, в частности, на мелководных участках) – больше традиционных при НПУ, что должно приводить к меньшему прогреванию водной массы и ухудшать развитие сине-зелёных водорослей.

Согласно представленной методике регулирования стока были проведены имитационные балансовые расчёты наполнений, сбросов и фактической водоотдачи по хронологическому ряду наблюдений за 90 лет (с 1914 г. по 2004 г.). Эти данные были переформированы относительно водохозяйственных лет с начала марта месяца по 28 февраля следующего года. Это объясняется тем, что, как правило, половодье начинается в марте месяце и в этом месяце сток всегда превышает плановую водоотдачу. Балансовые расчеты наполнений водохранилища проводились по декадным внутригодовым интервалам.

Такого рода расчеты были проведены для варианта повышенной плановой водоотдачи 172,6 млн. м³/год, поскольку при исходной плановой водоотдаче (143,8 млн. м³ с обеспеченностью 97%) различия в результатах некоторых вероятностных характеристик стока при разных логических условиях управления водохранилищем не существенны.

В итоге при имитационных расчётах по новым правилам регулирования стока были получены следующие результаты в сравнении с традиционными

правилами - обеспеченность плановой водоотдачи повысилась с 89% до 91,1%, а величины максимального годового дефицита воды уменьшилась на 12%.

Объём попусков в нижний бьеф в 82 годах из 90 в июне месяце был существенно увеличен, соответственно в эти годы возросла и степень водообмена водной массы водохранилища в этом месяце. Возросла и глубина водоёма на мелководных участках в течение мая и июня месяцев, что также уменьшает степень цветения водной массы.

Выводы

Повышенное количество сине-зелёных водорослей приходится на июнь месяц, второй пик их развития (значительно меньший июньского) приходится на вторую половину августа.

Ограниченное по величине и по времени использование противопаводковой ёмкости Рузского водохранилища после прохождения пика весеннего половодья при предложенных правилах регулирования стока не приводит к увеличению риска опасного напряжения на плотину и появлению опасного затопления территории, прилегающей к водохранилищу, как в верхнем его бьефе, так и в нижнем его бьефе. При этом такой подход позволяет увеличить обеспеченность плановой водоотдачи, уменьшить объёмы дефицитов воды, увеличить летние попуски в нижний бьеф водохранилища и тем самым увеличить обводнение Москворецкой системы в целом. Кроме того появляется возможность увеличить водообмен в ёмкости водохранилища и глубину его мелководий в июне, что должно привести к уменьшению степени цветения сине-зелёных цианистых водорослей и улучшить качественные показатели воды водохранилища.

Очевидно, что имеются необходимость, и возможность совершенствования предложенных правил регулирования стока за счёт уменьшения временных исходной дискретности в рамках диспетчерских правил регулирования стока и более эффективного регулирования стока в период летних дождевых паводков.

Логично предположить, что предложенный подход частичного и временного использования противопаводковых емкостей после прохождения пика весеннего половодья на других водохранилищах Москворецкой системы (Можайское, Озернинское, Истринское) даст аналогичный эффект относительно рентабельности использования водных ресурсов и улучшения их качества.

Библиографический список

1. **Авакян А.Б.**, Салтанкин В.П., Шарапов В.А. Водохранилища. М.: Мысль, 1987. 325 с.
2. **Асарин А.Е.**, Бестужева К.Н., Резниковский А.М. и др. Методические указания по составлению правил использования водных ресурсов водохранилищ гидроузлов электростанций. М.: Минтопэнерго РФ, 2000. – 26 с.
3. **Вассер С. П.** Водоросли. Киев : Наукова дума, 1989. С. 46—49.
4. **Вода мегаполиса.** Качество воды в Москворецком водоисточнике; <http://www.mosvodokanal.ru/>.
5. **Бельчихина В.В.** ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИТОКА К РУЗСКОМУ ВОДОХРАНИЛИЩУ // Научный журнал № 3/2014 под Ред. д.б.н. Краевой Ф.Ф., с. 99-101., http://scienceanded.ru/files/12-13.09.2014/scienceanded_3.pdf.
6. **Даценко Ю.С.**, Эдельштейн К.К. Регулирование стока и обеспечение населения питьевой водой // Гидроэкология: теория и практика. Проблемы гидрологии и гидроэкологии, вып. 2. М.: Географический факультет МГУ. 2004. С. 253–269.
7. **Долгонос Б.М.**, Корчагин К.А., Мессинева Е.М. Статистические распределения численности фитопланктона в речной воде // Водные ресурсы. 2010. Т. 37. № 2. С. 218–224
8. **Ильнич В. В.**, Светлов Е.А. Стохастическое моделирование функционирования ирригационного водохранилища. // Мелиорация и водное хозяйство. – 2010, №6 – С. 25-27.

9. **Марченко А.В.**, Бельчихина В.В. АНАЛИЗ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ ОБЪЁМОВ ПРИТОКА К РУЗСКОМУ ВОДОХРАНИЛИЩУ // Журнал *Eurasian Union of Scientists* №6 26-27.09.2014, с. 132-134, <http://euroasia-science.ru/zhurnaly/81-zhurnal-6-26-27-09-2014/geograficheskie-nauki>.
10. **Правила использования водных ресурсов водохранилищ Москворецкой водной системы (Можайское, Рузское, Озернинское, Истринское, Рублевское)** // Пояснительная записка к проекту, (ГК № 11 от 08.12.2010), М 2011 с. 226.
11. **Шашков С.Н.**, Калугина К.В.. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К СВОДНОМУ ТОМУ ПРОЕКТА НОРМАТИВОВ ДОПУСТИМОГО // Экологическая и водохозяйственная фирма ООО "ВЕД" М.,2009. с. 92.
12. **Эдельштейн К.К.** Водохранилища России: экологические проблемы, пути их решения. М.: ГЕОС, 1998. 277 с.
13. **Belchihina V.V.** *Using of the flood reservoir capacity for the improvement of river ecology.* // *Proceedings of 11th International Conference on Hydroinformatics, № 1647, IHC 2014, New York City, USA, pp. 1 - 4.*
14. **Hyenstrand P., Blomqvist P., Pettersson A.** *Factors determining cyanobacterial success in aquatic systems: a literature review* // *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol. 1998. Vol.51. P.41–62.*
15. **Ilinich V.V.** *Search of Anti-Accident Function for Flood Flow Management by Water Reservoir* // *V.V. Ilinich. – Proceedings of 7-th International Conference on Hydroinformatics. – Nica. – 2006. – p. 1025 -1031*
16. **Ilinich V.V.** *Simulation water reservoir function. Scientifique de la procedure:1er Séminaire International sur la Ressources en eau au sahara : Evaluation, Economie et Protection, le 19 et 20 janvier 2011.Ouargla, 2011, p.18-21.*

**Имитационное моделирование системы водохранилищ на примере
Верхней Волги**

М.А. Смирнова, аспирантка

**ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ – МСХА ИМЕНИ К.А.ТИМИРЯЗЕВА»**

г. Москва, Россия

**А.В. Перминов, кандидат технических наук,
доцент**

**ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ – МСХА ИМЕНИ К.А.ТИМИРЯЗЕВА»**

г. Москва, Россия

В статье выполнены исследования по определению рациональных режимов функционирования системы водохранилищ с использованием имитационной модели. Рассмотрено информационное обеспечение модели. Приведены результаты численного имитационного эксперимента на примере Иваньковского водохранилища для катастрофически маловодного года (с обеспеченностью 97%). Установлено, что требования водопотребителей Верхневолжского бассейна удовлетворяются полностью.

The article made a study on the definition of rational modes of operation of the system of reservoirs using an imitation model. Considered information provision model. The results of numerical imitation experiment on an example of the Ivankovskoye Reservoir for catastrophically low water years (security 97%). It has been established that the requirements of the Upper Volga Basin water users are satisfied completely.

Общая постановка задачи нахождения рациональных режимов работы системы водохранилищ. С возрастанием использования водных ресурсов в пределах речных бассейнов сформировались и функционируют сложные водохозяйственные системы (ВХС), включающие каскады гидроузлов. Эти системы с одной стороны, обеспечивают подачу воды участникам водохозяйственного комплекса (ВХК) в требуемом количестве и качестве, а с другой – воздействуют как на окружающую среду, так и на социально-экологические условия регионов. Поэтому одной из главных особенностей современного подхода к исследованию вопросов рационального использования водных ресурсов является необходимость учета влияния, которое оказывает природная среда на характер и объемы использования водных ресурсов, а также воздействия развивающейся ВХС на природную среду и экологическое состояние прилегающей территории.

В нынешних условиях возникают следующие обстоятельства при управлении водными ресурсами [1]. Во-первых, ограниченность водных ресурсов и ухудшение качества воды, предъявление новых требований к водным ресурсам, приводят к тому, что водно-экологические проблемы приобретают все более острый характер. Во-вторых, с возрастанием антропогенной нагрузки на речные бассейны изменяются количество и качество, а также режим природных вод, что наносит непоправимый ущерб окружающей природной среде. В-третьих, влияние происходящих климатических изменений на водные ресурсы и их использование не однозначно: в условиях потепления в районах избыточного увлажнения может ожидать увеличение годового притока к речным бассейнами и, как следствие, повышение риска наводнений, при засушливом климате, наоборот, возникнут существенные проблемы с обеспечением водой различных потребителей. Отсутствие точных и надежных климатических прогнозов обуславливает неопределенный характер принимаемых решений, соответственно, высок и уровень рисков.

Вышеперечисленные обстоятельства указывают на то, что на сегодняшний день одной из главных задач водохозяйственной научной проблематики является совершенствование методов управления сложными водохозяйственными системами, а именно исследование новых режимов совместного функционирования водохранилищ в изменяющихся социально-экономических, климатических и политических условиях, что создаст основу для повышения эффективности водопользования.

Математическая постановка. С увеличением темпов роста эколого-экономических параметров, которые следует учитывать при решении задач по управлению водохозяйственными системами, а также в связи с изменяющимися природно-хозяйственными процессами наиболее приемлемым методом изучения и анализа рассматриваемой системы каскада водохранилищ является системный подход с его прикладным аппаратом – математическим моделированием.

Общая постановка задачи моделирования системы водохранилищ: требуется определить такие режимы работы системы водохранилищ сезонного и многолетнего регулирования стока для расчетного периода T (T находится в пределах от начального периода времени t_0 до конечного периода времени t_N), которые позволяют свести к минимуму математическое ожидание отклонений от эталонных оптимальных режимов искомых режимов работы при вероятностном характере и непрерывно изменяющихся системных условиях [1].

Математическая постановка сформулированной задачи формируется следующим образом: необходимо минимизировать функционал

$$\Phi(\vec{V}, \vec{U}, t) = \min_{\vec{U}} M \left[\sum_{t=0}^T \left| \frac{\vec{U}_t - \vec{U}_{opt}}{\vec{U}_{opt}} \right| \right] \quad (1)$$

при условиях

$$\vec{V} = A\vec{W} + B\vec{U} \quad (2)$$

$$\underline{\vec{V}} \leq \vec{V} \leq \overline{\vec{V}} \quad (3)$$

$$\vec{U} \geq 0 \quad (4)$$

при $t = 0$, $\vec{V} = \vec{V}_0$, где \vec{V} – вектор наполнения (объем водохранилища); $\underline{\vec{V}}$, $\overline{\vec{V}}$ – соответственно нижнее и верхнее ограничение объема водохранилища; \vec{U} – вектор пусков из водохранилищ; \vec{U}_t – вектор обводнительных пусков из водохранилищ в момент времени t ; \vec{U}_{opt} – оптимальные значения специальных пусков; \vec{W} – вектор водных ресурсов; t – текущее время; A и B – матрицы системных условий.

Постановка задачи в таком виде относится к классу динамико-стохастических задач. При ее решении необходимо применение прямых методов стохастического программирования. Учитывая неполноту характеристики исходной информации и большую трудоемкость расчетов (особенно при динамической постановке) для решения задач (1) – (4) строится имитационная модель функционирования совместной работы водохранилищ в единой ВХС.

Данная постановка задачи реализована на примере каскада водохранилищ Верхней Волги.

Исходная информация. Для информационного обеспечения имитационной модели применялась гидрологическая и водохозяйственная информация. К гидрологической информации относятся главным образом календарные ряды бокового притока на участках между створами рассматриваемых водохранилищ.

С целью оценки многолетней изменчивости притока речных вод к водохранилищам Верхней Волги для нее была построена разностная интегральная кривая за период 1914/15-2013/14 гг. (рис. 1). Поскольку задача решается с учетом интересов не только Верхневолжских водохранилищ, но и для всего Волжско-Камского каскада в створе г. Волгограда, на этом же рисунке приведена разностная кривая для всей р. Волги.

При анализе кривой Верхней Волги выделен один глобальный цикл водности: 1930/31 – 2013/14 гг. (84 года). Наряду с глобальным циклом отмечаются два больших локальных цикла: t_1 : 1930/31 – 1958/59 гг. (29 лет), t_2 : 1959/60 – 2013/14 гг. (55 лет) и несколько малых локальных циклов: 1943/44 – 1947/48 гг. (5 лет), 1948/49 – 1953/54 гг. (6 лет), 1963/64 – 1966/67 гг. (4 года), 1971/72 – 1982/83 гг. (12 лет). Также необходимо отметить синхронность в колебаниях стока Верхней Волги и всей р. Волги.

В хронологическом изменении стока рассматриваемого участка р. Волги отмечается последовательная смена периодов различной водности:

1. период средней водности 1914/15 – 1929/30 гг. (16 лет, $W_{cp} = 105 \text{ км}^3/\text{год}$);
2. маловодный 1930/31 – 1951/52 гг. (22 года, $W_{cp} = 85,9 \text{ км}^3/\text{год}$);
3. многоводный 1952/53 – 1958/59 гг. (7 лет, $W_{cp} = 116,8 \text{ км}^3/\text{год}$);
4. маловодный 1959/60 – 1976/77 гг. (18 лет, $W_{cp} = 86,9 \text{ км}^3/\text{год}$);
5. многоводный 1977/78 – 2013/14 гг. (37 лет, $W_{cp} = 113 \text{ км}^3/\text{год}$).

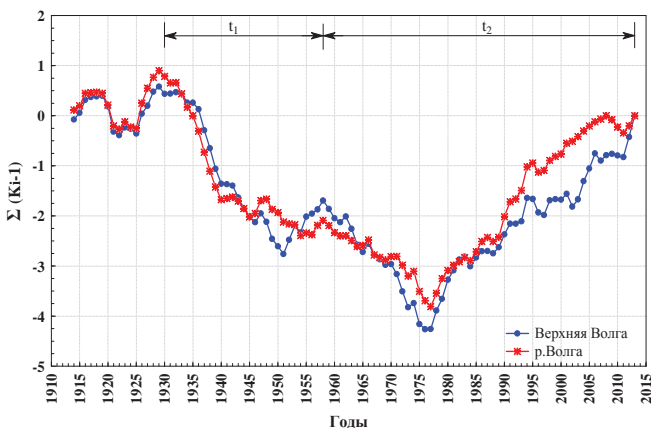


Рис. 1 Разностная интегральная кривая годового стока Верхней Волги в створе Чебоксарского гидроузла за период 1914/15 - 2013/14 гг.

Наличие более двух полных циклов изменения водности реки дает основание считать рассматриваемый гидрологический ряд репрезентативным и применять его для дальнейших исследований.

При моделировании режимов функционирования каскада гидроузлов помимо данных о притоке использовались морфометрические характеристики чаши водохранилищ. К ним относятся зависимости объемов воды и площадей водной поверхности от уровней воды в водохранилище.

Система гидроузлов на Верхней Волге имеет важное значение для экономики России: она обеспечивает устойчивую работу энергосистемы европейской части страны, водоснабжение городов и целых регионов, промышленных объектов, используется для осуществления обводнительных попусков и удовлетворения требований природных комплексов.

Всех водопотребителей Верхневолжской ВХС можно условно разделить на русловые и внерусловые. К русловым потребителям относятся: гидроэнергетика, рыбное хозяйство, водный транспорт, рекреация, требования

природных комплексов; к внерусловым – промышленное и коммунальное городское и сельское водоснабжение, сельское хозяйство и орошение.

Ниже кратко рассмотрены требования к водным ресурсам основных водопользователей рассматриваемого каскада водохранилищ.

Водный транспорт

С давних времен судоходство на р. Волге было ведущей отраслью хозяйства. Верхневолжские водохранилища являются частью Единой глубоководной системы, связывающей Каспийское, Азовское, Черное, Балтийское и Белое моря.

Главными требованиями водного транспорта к режимам работы водохранилищ являются поддержание судоходных уровней в верхних бьефах не ниже минимальных навигационных: для Ивановского – 121,7 м, Угличского – 111,0 м, Рыбинского – 99,5 м, Горьковского – 83,6 м и Чебоксарского – 63,0 м, обеспечение гарантированных судоходных глубин 3,6 м и необходимых расходов воды на шлюзование через гидроузлы.

Водные ресурсы Рыбинского и Горьковского водохранилищ используются также для обеспечения судоходных глубин на участке р. Волги без подпора ниже Горьковского гидроузла специальными навигационными попусками. Величина попусков колеблется от 800 до 1100 м³/с в зависимости от заполнения Рыбинского водохранилища.

Рыбное хозяйство

Акватории Верхневолжских водохранилищ создают благоприятные условия для воспроизводства рыбных запасов, поскольку здесь имеется много заливов с богатой мягкой растительностью. Основные требования рыбного хозяйства к режимам работы водохранилищ Верхневолжской ВХС заключаются в недопущении сработки уровней водохранилищ в период весеннего нереста рыбы и равномерной зимней предполоводной сработки до установленных отметок (УПС), поскольку дальнейшее понижение уровня воды может привести к гибели мальков от недостатка кислорода и придавливанию рыбы осевшими массами льда.

Водоснабжение

Общим требованием всех водопользователей к режимам водохранилищ Верхней Волги является поддержание таких отметок воды, которые обеспечивали бы нормальное функционирование водозаборов.

Энергетика

Иваньковская, Угличская и Рыбинская ГЭС входят в объединенную энергетическую систему Центра (ОДУ Центра), Нижегородская и Чебоксарская ГЭС находятся в зоне деятельности ОДУ Средней Волги.

Максимальная пропускная способность ГЭС при нормальном подпорном уровне (НПУ), полной загрузке агрегатов и отсутствии холостых сбросов составляет: для Иваньковского гидроузла – 300 м³/с, Угличского – 1300 м³/с, Рыбинского – 3600 м³/с, Нижегородского – 5000 м³/с, Чебоксарского – 12800 м³/с [5, 6, 7, 8].

Анализ результатов имитационного моделирования. Главная цель численного имитационного эксперимента сводится к нахождению таких субоптимальных уровней верхних бьефов и режимов попусков в нижние бьефы водохранилищ, которые обеспечили бы удовлетворение потребностей всех водопользователей рассматриваемого каскада и в то же время требования природных комплексов.

В связи с этим при формировании вариантов для численной реализации модели был учтен как приток к створам гидроузлов в характерные по водности годы, так и требования к водным ресурсам основных отраслей ВХС.

На первом этапе была проведена верификация имитационной модели. Сопоставление расчетных по модели и фактических режимов работы системы показало, что имеется весьма хорошее совпадение как фактических и расчетных уровней воды в водохранилищах, так и попусков в нижние бьефы гидроузлов, что свидетельствует об адекватности разрабатываемой модели.

Для выполнения численной реализации модели был рассмотрен крайне маловодный 1975 год с обеспеченностью $p=97\%$ (р. Волга и Верхняя Волга).

В модель вводятся среднеинтервальные расходы воды бокового притока к водохранилищам. Длительность расчетных интервалов была принята для периода половодья (апрель, май, июнь) равной одной декаде, для периода межени (июль, август, сентябрь, октябрь, ноябрь, декабрь, март) – ежемесячно, всего 18 периодов.

В качестве ограничений в модель были введены отметки и расходы воды, рекомендуемые «Основными правилами использования водных ресурсов...» для каждого водохранилища. Начальное заполнение для всех водохранилищ системы было задано с отметки УМО, конечное наполнение – от УМО до НПУ. Объемы безвозвратного водопотребления на участках между гидроузлами принимались постоянными на уровне 2005 года.

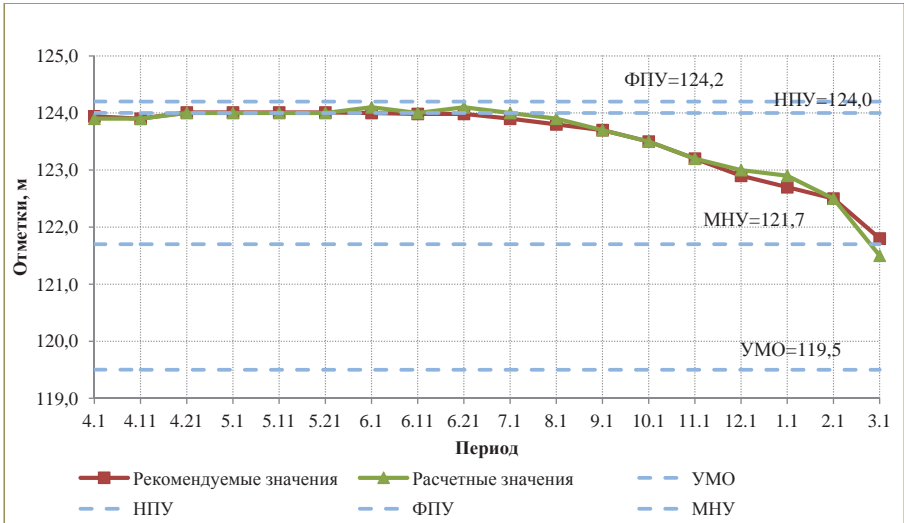
Полученные результаты приведены в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1

Водохозяйственный баланс Ивановского водохранилища для экстремально
маловодного 1975 года

№	Интервалы даты				Кол-во дней	Боковой приток., млн.м ³	Объем водохранилища, млн.м ³	Наполнение (сработка), млн.м ³	Уровни водохранилища, м	Попуск из водохранилища, м ³ /с	Требуемые отметки, м	Требуемый попуск, млн.м ³	Дефицит попуски, млн.м ³	Забор в канал им.Москвы, млн.м ³	Безвозвратное водопотребление, млн.м ³	
	начало		конец													
	мес	день	мес	день												
1	4	1	4	11	10	1387,9	1080,5	251,4	123,9	1096,4	123,9	1123,2	26,8	39,3	0,74	
2	4	11	4	21	10	772,6	1095	14,5	123,9	691,2	123,9	691,2	0,0	66,1	0,74	
3	4	21	5	1	10	424,5	1120	25,0	124	342,0	124,0	328,3	0,0	56,8	0,74	
4	5	1	5	11	10	230,5	1124,5	4,5	124	155,5	124,0	155,5	0,0	69,7	0,84	
5	5	11	5	21	10	146,7	1120	-4,5	124	90,5	124,0	78,6	0,0	59,9	0,84	
6	5	21	6	1	11	199,1	1133,4	13,4	124	114,0	124,0	114,0	0,0	70,8	0,84	
7	6	1	6	11	10	172,5	1141,7	8,3	124,1	103,7	124,0	103,7	0,0	59,7	0,88	
8	6	11	6	21	10	186	1132,1	-9,6	124	138,2	124,0	138,2	0,0	56,5	0,88	
9	6	21	7	1	10	127	1137,6	5,5	124,1	54,4	124,0	54,4	0,0	66,2	0,88	
10	7	1	8	1	31	345,3	1129,5	-8,0	124	147,3	123,9	147,3	0,0	202,8	3,19	
11	8	1	9	1	31	226	1076,4	-53,0	123,9	80,4	123,8	80,4	0,0	195,2	3,65	
12	9	1	10	1	30	190,5	1025,2	-51,3	123,7	57,3	123,7	77,8	20,5	180,6	3,75	
13	10	1	11	1	31	205,8	962	-63,2	123,5	66,2	123,5	80,4	14,2	199,4	3,42	
14	11	1	12	1	30	166,8	882,2	-79,8	123,2	78,0	123,2	90,7	12,7	165,3	3,31	
15	12	1	1	1	31	186,5	831,1	-51,2	123	93,7	122,9	93,7	0,0	140,6	3,19	
16	1	1	2	1	31	213,5	799,9	-31,1	122,9	56,8	122,7	93,7	37,0	185,3	2,51	
17	2	1	3	1	28	149	716	-83,9	122,5	53,5	122,5	96,8	43,3	172,4	2,06	
18	3	1	4	1	31	154,4	532,9	-183,2	121,5	147,3	121,8	147,3	0,0	188,0	2,05	
					365	5479,4			-296,1		3566,4					
						2174,6	34,5									

а)



б)

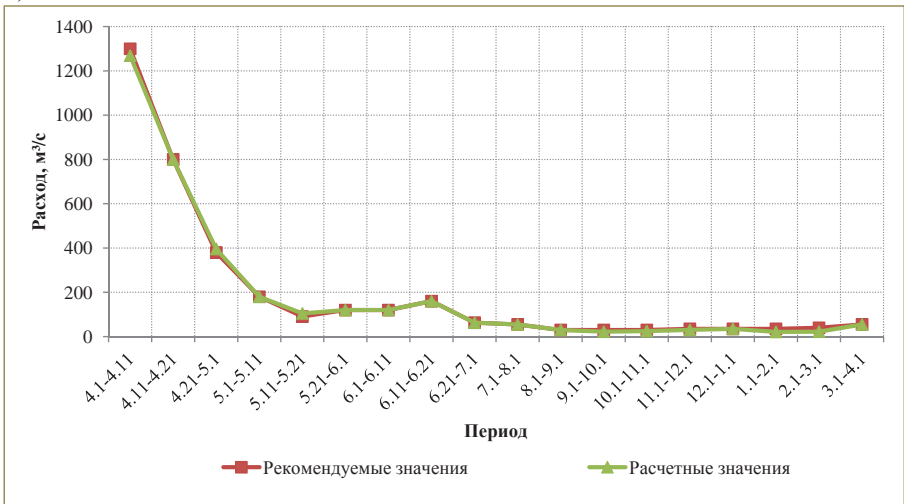


Рис. 2 Результаты экспериментальных расчетов на модели
 а) уровни воды верхнего бьефа у плотины Иваньковского водохранилища
 б) пуски в нижний бьеф Иваньковского гидроузла

Выводы. Результаты имитационного моделирования позволяют сказать, что для катастрофически маловодного года требования водопотребителей частных водосборов Верхней Волги выполняются полностью. В период весеннего половодья энергетика будет работать с повышением энергоотдачи. В навигационный период будут обеспечены судоходные уровни в верхних бьефах, а также гарантированные глубины на участке ниже Горьковского гидроузла. Во время зимней межени происходит плавная сработка водохранилищ до отметок, рекомендованных «Основными правилами использования водных ресурсов», что благоприятно скажется на воспроизводстве рыбных запасов.

Библиографический список

1. Воропаев Г.В. Проблемы управления водными ресурсами Арало-Каспийского региона. / Г.В. Воропаев, Г.Х. Исмаилов, В.М. Федоров; – М.: Наука, 2003. – 427 с.
2. Пояснительная записка к проекту «Правил использования водных ресурсов Иваньковского водохранилища на р. Волге» – ФГУП «Центр Регистра и кадастра». М., 2011.
3. Пояснительная записка к проекту «Правил использования водных ресурсов Угличского водохранилища на р. Волге» – ФГУП «Центр Регистра и кадастра». М., 2011.
4. Пояснительная записка к проекту «Правил использования водных ресурсов Рыбинского и Горьковского водохранилищ» – ФГУП «Центр Регистра и кадастра». М., 2011.
5. Основные правила использования водных ресурсов Иваньковского водохранилища на р. Волге. Министерство мелиорации и водного хозяйства РСФСР. Управление по регулированию использования водных ресурсов. Москва, 1983 г.
6. Основные положения правил использования водных ресурсов водохранилища Угличской ГЭС на р. Волге. Москва, 1963 г.
7. Основные правила использования водных ресурсов Рыбинского и Горьковского водохранилищ на р. Волге. Министерство мелиорации и водного хозяйства РСФСР. Управление по использованию водных ресурсов. Москва, 1983 г.
8. Временные основные правила использования водных ресурсов Чебоксарского водохранилища на р. Волге (на период начальной эксплуатации). Министерство мелиорации и водного хозяйства РСФСР. Управление по использованию водных ресурсов. Москва, 1982 г.

УДК 502/504:556.16

Моделирование режимов работы Камского каскада водохранилищ

Г.Х.Исмайлов, доктор технических наук,

профессор

*ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ – МСХА ИМЕНИ К.А.ТИМИРЯЗЕВА»*

г. Москва, Россия

Г.А.Ваганов, инженер-проектировщик I категории

*ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ – МСХА ИМЕНИ К.А.ТИМИРЯЗЕВА»*

г. Москва, Россия

В статье рассматривается управление режимами работы Камского каскада водохранилищ, обобщается математическая постановка моделирования, анализируется исходная гидрологическая информация, а так же даётся оценка результатов имитационного моделирования.

The article discusses the operating modes are Kama cascade of reservoirs, generalized mathematical formulation of the simulation, analyzes the source of hydrological information, as well as assesses the results of the simulation.

Создание искусственных водохранилищ всегда являлось главным средством приведения водного режима рек в соответствие с требованиями экономического развития, обеспечивающим перераспределение водных ресурсов во времени, т.е. управление поверхностным стоком.

В прошедшие годы в нашей стране были созданы крупнейшие водохранилища и их каскады, позволившие решать масштабные задачи преобразования природы, направленные на получение большого количества дешевой электроэнергии, создание единой глубоководной сети водного транспорта, орошение и обводнение больших территорий, бесперебойное водоснабжение многих населенных пунктов.

Современные комплексные гидроузлы настолько сложны, что отыскание технически и экономически (а сегодня - социально и экологически) целесообразных (оптимальных) решений по выбору параметров и режимов их эксплуатации требует высококвалифицированного подхода, с обобщением и использованием всего накопленного отечественного и международного опыта управления работой действующих водохозяйственных систем.

Управление водохозяйственными (водноресурсными) системами вообще и водными ресурсами каскадов водохранилищ комплексного назначения, в частности, представляет собой итеративный процесс интегрированного принятия решений, касающихся использования и изменения водных ресурсов и связанных с ними территорий внутри некоторого географического региона [1]. Этот процесс обеспечивает возможность множеству водопользователей сбалансировать их противоречивые требования к водным ресурсам, как к одному из основных видов природных ресурсов, а также оценить каковым может быть кумулятивное влияние различных видов водопользования на устойчивость водных объектов и прилегающих к ним территорий в долгосрочной перспективе, принять и реализовать близкие к оптимальным управленческие решения. Основными принципами процесса управления являются: системный подход; партнерство заинтересованных сторон; учет неопределенности (стохастичности) целого ряда воздействующих факторов; бассейновый (географический) подход и опора на серьезные научные исследования и надежные данные.

Основным методом изучения и анализа современных водоресурсных систем (ВРС) и проведения на этой основе рационализации природопользования служит системный подход и его прикладной аппарат - математическое моделирование. Другой немаловажной предпосылкой применения системного подхода и математического моделирования служит резкое возрастание числа эколого-экономических параметров, которые необходимо учитывать при анализе и принятии решений по управлению ВРС.

Одновременно приходится учитывать как быстро изменяющиеся, так и медленные природно-хозяйственные процессы, эффект которых сказывается только через ряд лет. Многие параметры системы (технические, экономические, экологические и др.) взаимосвязаны, причем механизм таких связей очень сложен. Поэтому в этих условиях использование одних лишь традиционных методов анализа различных сторон функционирования ВРС и построения оптимальных вариантов их развития является неэффективным [2].

Общую постановку задачи моделирования режимов работы Камского каскада водохранилищ (ККВ) можно свести к нахождению оптимального (субоптимального) совместного режима всех водохранилищ каскада с удовлетворением гарантированных требований всех участников водохозяйственного комплекса.

Математическая постановка рассматриваемой задачи такова: требуется минимизировать функционал

$$\Phi(\bar{V}, \bar{U}, t) = \min_{\bar{U}} M \left[\sum_{t=0}^T \left| \frac{\bar{U}_t - \bar{U}_{opt}}{\bar{U}_{opt}} \right| \right] \quad (1)$$

при ограничениях

$$V = AW + BU \quad (2)$$

$$\underline{\bar{V}} \leq \bar{V} \leq \bar{\bar{V}} \quad , \quad (3)$$

$$U \geq 0 \quad (4)$$

при $t=0$, $\bar{V} = \bar{V}_0$, где \bar{V} вектор наполнения (объем водохранилища); $\underline{\bar{V}}$, $\bar{\bar{V}}$ – соответственно нижнее и верхнее ограничение объема водохранилища; \bar{U} – вектор пусков из водохранилищ; \bar{U}_t – вектор обводнительных пусков из водохранилищ в момент времени t ; \bar{U}_{opt} – оптимальные значения специальных пусков; \bar{W} – вектор водных ресурсов; t – текущее время; A и B – матрицы системных условий.

Решение задачи управления режимом совместного функционирования водохранилищ в единой системе водоснабжения в постановке (1) – (4) требует использования прямых методов стохастического программирования. Учитывая неполноту характеристики исходной информации, исключительную трудоемкость расчетов (особенно при динамической постановке) для решения задачи (1) – (4) строится имитационная модель функционирования совместного функционирования водохранилищ в единой системе водоснабжения многоцелевого назначения.

Такая постановка относится к классу динамико-стохастических задач. Для решения такого рода задач требуется, прежде всего, знание вероятностных характеристик системных условий. Применительно к управлению системами водохранилищ требуется знание вероятностных характеристик главного

ресурса – речного стока. Природа речного стока наилучшим образом соответствует представлению его в виде непрерывного вероятностного процесса. В нашей работе используется вероятностные описания речного стока в виде Марковского процесса с дискретным временем, а также стоковые ряды достаточно длительного периода наблюдений, составляющие 100 лет.

В качестве исходной информации для моделирования в первую очередь был проанализирован стоковый ряд наблюдений.

Осуществлен анализ закономерностей динамики годового стока р. Кама за 100-летний период. До 1949 г. условия изменения стока р. Кама определялись природными факторами, т.е. характером увлажнения территории, изменением влагозапасов в почво-грунтах, режимом испарения. Но уже с 1949 г. на изменение водности р.Кама значительное влияние начала оказывать хозяйственная деятельность человека. Началось строительство водохранилищ. Для оценки многолетней изменчивости водности была построена сокращенная интегральная кривая за период 1914/15-2013/14 гг. (рис. 1).



Рисунок 1. Разностно-интегральная кривая годового стока р. Камы в створе Нижнекамского гидроузла.

Проанализировав эту кривую, мы выделяем наличие нескольких видов циклов водности. Циклы включают в себя чередующиеся периоды повышения и понижения водности. Так можно выделить глобальный цикл с 1928/29 по 2008/09 гг. Мы видим, как в начале идет ветвь понижения стока с 1928/29 по 1976/77 гг. В след за ней идет ветвь повышения стока с 1977/78 по 2008/09 гг. Внутри этого глобального цикла изменения водности р. Камы можно выделить множество локальных циклов, внутри которых так же видно чередование повышения и понижения водности. Например, следующие локальные циклы: 1966/67 – 1971/72, 1974/75 – 1978/79, 1987/88 – 1995/96 и т.д.

В таблице 1 даны статистические параметры годового стока р. Кама, вычисленные по различным периодам наблюдений.

Таблица 1

Статистические параметры годового стока р. Кама в различные периоды наблюдений

Период наблюдений	Число лет наблюдений (N)	Средний годовой сток ($W_{ср}$), км	Коэффициент вариации (C_v)	Коэффициент асимметрии и (C_s)	Коэффициент автокорреляции
1914-1929	16	102,5	0,25	0,32	0,44
1930-1977	48	86,1	0,20	0,09	0,54
1978-2010	33	101,8	0,16	0,33	0,21
1914-2013	100	94,2	0,21	0,34	0,49

Из изложенного можно сделать вывод, что при решении задач рационального использования водных ресурсов в бассейне р. Кама нужно учитывать возможность наступления не только отдельных исключительно маловодных и многоводных лет, но и серий лет как с низким так и с высоким (катастрофическим) стоком.

Далее был проведен анализ изменения годового и сезонного стока за многолетний период в частных водосборных бассейнах р. Камы, результаты которого представлены в таблице 2. Изменения стока реки Камы в створе Камского водохранилища за 1914-2013 гг. в различные периоды представлено на рисунке 2.

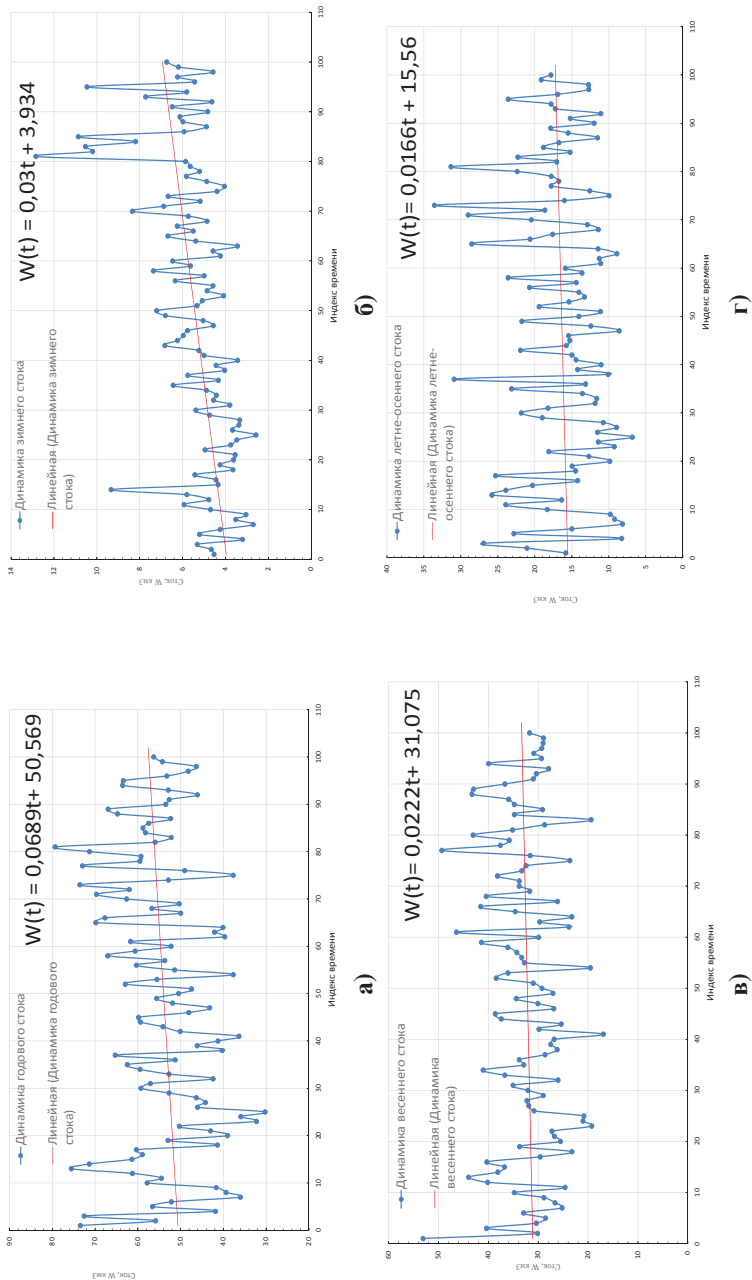


Рисунок 2. Графики изменения годового стока реки Камы в створе Камского водохранилища за период 1914-2013 гг. а) Годовой, б) Зимний, в) Весенний, г) Летне-осенний период

Таблица 2

Динамика среднегодового и среднесезонного стока для бассейнов
водохранилищ на р. Каме.

Период	$\Delta W_{\text{весна}}$, кмЗ	$\Delta W_{\text{лето}} - \text{осень}$, кмЗ	$\Delta W_{\text{зима}}$, кмЗ	$\Delta W_{\text{межень в целом}}$, кмЗ	$\Delta W_{\text{год}}$, кмЗ
Камское					
1914-2013 гг.	2,2	1,64	2,97	4,62	6,82
Воткинское					
1914-2013 гг.	0,41	0,38	0,48	0,86	1,27
Нижнекамское					
1914-2013 гг.	-5,4	0,97	3,41	4,38	-1,0

Как видно из рисунка 2 и таблицы 2 за прошедшие 100 лет годовой сток р. Камы в створе Камского гидроузла увеличился на 6,82 км³. Причина этого ясна при рассмотрении динамики колебания стока в половодья и межени. Меженный сток увеличился на 4,62 км³ а сток половодий на 2,2 км³. Главные причины увеличения стока кроются в повышении температуры воздуха t , °С (увеличивается меженный сток) и повышении количества выпавших осадков P , мм (увеличивается и меженный и половодный сток). Таким образом можно сказать, что сток р.Кама в створе Камского гидроузла в среднем ежегодно увеличивается на 68,2 млн м³.

Так же в качестве исходной информации были изучены требования основных водопользователей. На современном этапе водные ресурсы Камского, Воткинского и Нижнекамского водохранилищ используются для целей энергетики, водного транспорта, водоснабжения населенных пунктов и промышленных предприятий, рыбного хозяйства, рекреации. Приведем требования к Воткинскому водохранилищу.

Гидроэнергетика:

- Общая установленная мощность 1020 МВт;
- Суммарная пропускная способность турбин 7000 м³/с.

Водный транспорт:

- Поддержание в навигационный период уровня воды в Воткинском водохранилище не ниже 87,0 м;
- Поддержание в навигационный период в нижнем бьефе Воткинского гидроузла уровня воды не ниже 66,0 м, что обеспечивается сбросным расходом через Воткинский гидроузел в размере 1300 м³/с;
- Поддержание в межнавигационный период уровня воды в Воткинском водохранилище не ниже 84,0 м;
- Ориентировочные сроки навигации с 01 мая по 01 ноября.

Требования жилищно-коммунального хозяйства:

- обеспечение годового объема забора воды из Воткинского водохранилища на современном уровне примерно 0,3 км³, при этом безвозвратный отбор воды из водохранилища 0,1 км³ в год;
- обеспечение уровня воды в створе г. Сарапул в нижнем бьефе Воткинского гидроузла 62,7 м (обеспечивается летом судоходными попусками из Воткинского гидроузла, а зимой минимальным среднесуточным расходом через Воткинский гидроузел в размере 400 м³/с).

Требования рыбного хозяйства:

В целях создания нормальных условий для естественного воспроизводства рыбных запасов необходимо в весенний нерестовый период (с 10 апреля по 10 июня) обеспечивать сначала плавное повышение, а затем стабильность уровня воды в водохранилище. Зимнюю сработку водохранилища производить по возможности плавно.

Анализ результатов имитационного моделирования.

Работа гидроузлов в навигационный период. Вкратце об обеспечении судоходных условий ниже Воткинского гидроузла и их осложнении, в результате изменившихся требований к величине судоходного попуска. Если в начальный период эксплуатации для поддержания отметки 66,0 м и обеспечения проектной глубины на пороге шлюза Воткинского гидроузла было

достаточно попуска 850-900 м³/с, то к началу 1990-х годов требовалось уже 1200-1250 м³/с. Сегодня проектные отметки обеспечиваются при расходах 1300-1400 м³/с. Итак по результатам имитационного моделирования бесперебойная навигация в период с 01 мая по 01 ноября в нижнем бьефе Воткинского гидроузла осуществляется:

при расходе 850 м³/с обеспечивается в 99,9%;

при расходе 1200 м³/с обеспечивается в 77,2%;

при расходе 1300 м³/с обеспечивается в 64,4%;

при расходе 1400 м³/с обеспечивается в 4,0%.

Т.е. бесперебойная навигация при действующих правилах управления обеспечивается только в 64,4%, в то время, когда Методическими указаниями по разработке правил использования водохранилищ регламентируется обеспеченность навигации в нижнем бьефе гидроузла в пределах от 80 до 95 процентов.

На рисунке 3 представлены фактический и расчетный режимы работы Воткинского водохранилища в 1982/83 гг., P=80%. Как видно с началом половодья идет ветвь наполнения водохранилища с 10 апреля по 01 июня. Далее идет поддержание отметки ВБ водохранилища близкой к НПУ. Начиная с 01 июля идет ветвь постепенной сработки водохранилища. На рисунке видно, что навигация в верхнем бьефе Воткинского водохранилища обеспечивается, чего нельзя сказать о навигации в нижнем бьефе. В дальнейшем нами будет изучаться вопрос повышения обеспеченности навигации в существующих условиях.

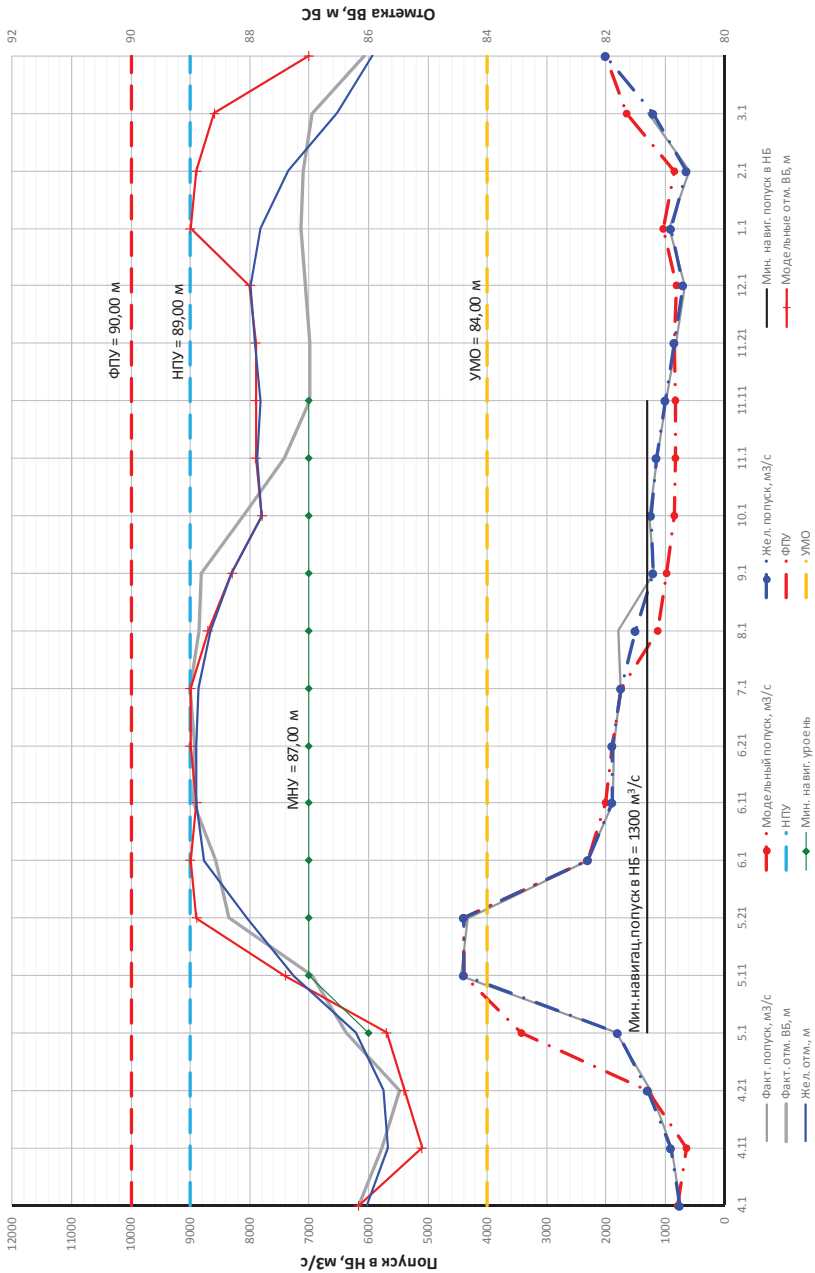


Рисунок 3. Фактический и расчетный режимы работы Воткинского водохранилища в 1982/83 гг., Р=80%

Литература

1. Clites Anne H., Quinn Frank H., The History of Lake Superior Regulation: Implications for the Future. - J. Great Lakes Res. 29(1):157-171.: Internat. Assoc. Great Lakes Res., 2003
2. Воропаев Г.В., Исмайлов Г. Х. , Фёдоров В.М. Проблемы управления водными ресурсами Арало-Каспийского региона.-М.: Наука, 2003. - 427с.

**Фрактальный анализ биологической реабилитации водных объектов
методом коррекции альгоценоза**

Насонов А. Н. к.т.н., доцент каф. Организации и технологии строительства объектов природообустройства ФГБОУ ВПО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева Институт природообустройства им. А.Н. Костякова.

Цветков И. В. д.т.н., профессор каф. Экономики и управления производством ФГБОУ ВПО ТвГУ

Кульнев В. В. к.г.н., доцент каф. Экологической геологии ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет», директор по науке НПО «Альгобиотехнология».

Базарский О.В. д.ф.-м.н., профессор каф. Экологической геологии ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университета»

Жогин И. М., зав.лаб. Мелиоративных машин кафедры Машины и оборудование природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях ФГБОУ ВПО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева Институт природообустройства им. А.Н. Костякова.

Аннотация. Предложен способ моделирования и анализа устойчивости к антропогенным нагрузкам водных объектов на основе построения мультифрактальных спектров, учитывающих неоднородность вмещающей экосистемы. Экологическое состояние предлагается оценивать путем наложения полученного мультифрактального образа экосистемы на выделенные формы ее пороговой и критической организации, отвечающим соответственно пределам самовосстановления экосистемы и ее структурно-функциональной целостности.

Ключевые слова: альгоценоз, Матырское водохранилище, синезеленые водоросли, планктонный штамм хлореллы, экосистема, фрактальный анализ

Abstract. In this paper, we present a method for modeling and analysis of resistance of water objects to anthropogenic loads based on the construction of multifractal spectra, taking into account the heterogeneity of the host ecosystem. An ecological status is offered to be evaluated by placing the obtained multifractal image on the selected forms of its threshold and critical organization corresponding to the limits of ecosystem self-healing ability and its structural and functional integrity.

Key words: algiens, Maturkske water reservoir, cyanobacteria, planktonic strain of Chlorella, ecosystem, fractal analysis

Введение

Биологическая реабилитация методом коррекции альгоценоза представляет собой действия, направленные на улучшение состояния водной экосистемы, и входит в систему комплексных мер экологической реабилитации, направленных на улучшение состояния водоема и прилегающей территории и включающую улучшение качества воды, увеличение биоразнообразия гидробионтов, организацию водоохраных и рекреационных зон, снижению антропогенной активности прилегающих селитебных территорий.

Наиболее ощутимыми отрицательными последствиями повышения антропогенной нагрузки на водохранилища являются – изменение условий жизнедеятельности водной биоты, изменение качества воды, создание благоприятных условий для развития патогенной микрофлоры в застойных зонах и избыточное развитие синезеленых водорослей, приводящее к попаданию в воду цианотоксинов, представляющих серьезную угрозу здоровью людей.

В период «цветения» значительно ухудшаются органолептические характеристики воды, снижается рекреационный потенциал водоема. Помимо этого экологическое состояние водоема ухудшается поступлением в него тяжелых металлов (железа, марганца), нефтепродуктов, неорганических форм азота, – классических агентов техногенного загрязнения.

Биологическая реабилитация методом коррекции альгоценоза приводит к тому, что за несколько лет гарантированно исчезают колонии синезеленых водорослей, улучшается структура гидрохимических и органолептических показателей, в силу чего происходит восстановление состояния водного объекта до рыбохозяйственного и рекреационного назначения. Причем восстановление идет естественным образом за счет альголизации оригинального планктонного штамма хлореллы в биоценоз водного объекта.

Очевидно, что в результате альголизации “запускаются” биологические процессы и механизмы, способствующие естественному восстановлению через

самоорганизацию водного объекта. А происходящие при этом изменения мы можем наблюдать на построенных фазовых диаграммах состояний.

Применение технологии биологической реабилитации водохранилищ на основе метода коррекции альгоценоза требует динамического мониторинга состояний в ходе восстановления водного объекта и контроля ежегодных изменений, как по гидрохимическим, так и ценотическим показателям. Однако применение традиционных детерминированных расчетов этих показателей, основанных на нормировании к ПДК и расчета производных от нее индексов качества воды, не позволяет оценить эффективность применения технологии на уровне структурных параметров водного объекта. Поэтому в процессе альголизации необходимо осуществлять мониторинг экологического состояния водного объекта с целью принятия решений о его дополнительной альголизации или других корректирующих воздействиях.

Это становится возможным в условиях применения методики фрактальной оценки экологических состояний, которая позволяет контролировать динамику восстановления, как на уровне структуры гидрохимических показателей, так и на уровне изменений биоразнообразия, что является базой для оценки экологического состояния.

Фрактальная модель оценки степени биореабилитации водного объекта

Самоорганизация водного объекта в условиях антропогенного воздействия рассматривается как его адаптация к внешней нагрузке, которая в фазовом пространстве состояний представляет собой переходный процесс к минимизации ресурсных потерь на поддержание этой нагрузки. Эти состояния называются структурой-аттрактором, и рассчитываются через тренды анализируемых гидрохимических и ценотических параметров, а сам процесс описывается динамическим хаосом

Антропогенная нагрузка порождает самоорганизацию среды - эволюцию системы в другую, устойчивую область, а нагрузка, выходящая за пределы

адаптационных возможностей экосистемы, ведет к утрате биоразнообразия (“выгоранию” среды). Если детерминированный расчет состояний (нормирование к ПДК) распознает лишь устойчивые состояния, то фракталы дают наглядный геометрический образ смены состояний системы. Результат смены состояний – утрата биоразнообразия системы взамен ее устойчивости.

Неоднородность пространственно-временного распределения антропогенной нагрузки приводит к появлению стохастических временных рядов, которые порождаются конкурирующими процессами поступления загрязняющих веществ антропогенной деятельности и процессами самоочищения природной среды, и зависят от большого количества факторов, структура и характер которых нам часто не известны.

Однако, несмотря на стохастические осцилляции параметров, характер поведения экосистемы обладает относительной повторяемостью на различных масштабах, что обеспечивается ее фрактальными свойствами. Фрактальность порождает согласованность поведения экосистемы на всех уровнях ее существования, обеспечивая тем самым высокую развитость связей обменных взаимодействий как внутри системы, так и с окружающей средой. Рисунок 1

При этом основной характеристикой фрактальности водного объекта является ее размерность, или показатель скейлинга, описывающий повторяемость геометрии временных рядов при изменении их масштаба. [1;12]

Процедура определения фрактальной размерности компонентов экосистемы основана на измерении длин временных рядов ее параметров, инвариантных относительно преобразований масштаба (фрактальных кривых).

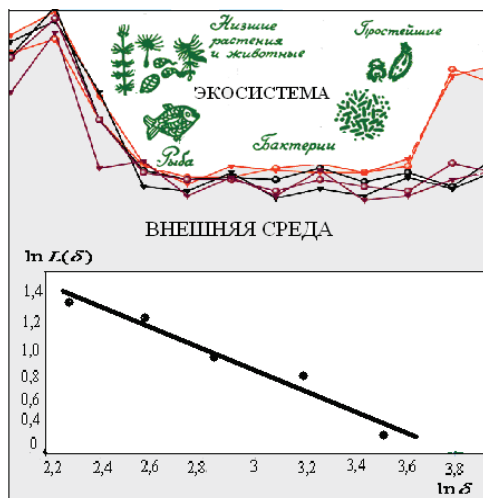


Рис.1. Иллюстрация осцилляционного характера взаимодействия экосистемы с внешней средой и точности ее фрактального описания

Фрактальная кривая на интервале $t \in [a, b]$ определяется как непрерывная и не дифференцируемая кривая, длина которой зависит от масштаба усреднения. [9] Результат расчета представляется в виде фазового портрета (диаграммы состояний), описывающей структуру распределений фрактальных размерностей водного объекта в точке мониторинга.

Процедура определения фрактальной размерности компонентов экосистемы основана на измерении длин временных рядов их параметров, инвариантных относительно преобразований масштаба, (фрактальных кривых). Если кривая близка к фрактальной, то с уменьшением масштаба ее длина будет возрастать степенным образом и рассчитываться через фрактальную размерность:

$$L(\delta) = L_0 \delta^{1-D_f} \quad (1)$$

где $L(\delta)$ - длина фрактальной кривой временных рядов

L_0 – длина прямой, соединяющая 1-ю и последнюю точку измерений

δ – варьируемый масштаб усреднения измерений фрактальной кривой

D_f – фрактальная размерность.

Фрактальная размерность динамической величины определяет степень сложности ее временной кривой, - если построить график изменения антропогенной нагрузки от времени, то фрактальная размерность того или иного участка кривой будет мерой сложности ее структуры и определяться величиной и частотой скачков на выделенных интервалах, рисунок 2

Результат расчета представляется в виде фазовой диаграммы состояний, описывающей структуру распределений фрактальных размерностей анализируемых параметров водного объекта в точке мониторинга.

Фрактальная размерность является универсальным индикатором состояния сложной системы, а ее изменение во времени по разным параметрам загрязнений дает серию фрактальных образов экосистемы, по которым можно судить о характере действующих антропогенных факторов[11].

Как обобщенный геометрический образ, фазовый портрет определяет текущее состояние водного объекта на момент измерений в виде неоднородной структуры – мультифрактала. Для построения фазового портрета в фазовой плоскости, образованной осями по каждому параметру нагрузки, откладываем соответствующие значения фрактальных размерностей с коэффициентом инвертирования $k_{\text{инв}} = \frac{2}{D_f} - 1$.

При этом более отстающие от центра диаграммы точки отвечают более устойчивым состояниям системы. А приближение к центру диаграммы соответствует переходу системы к более неустойчивому, вариативному экологическому состоянию.

Чрезмерная антропогенная нагрузка приводит к сужению фазового портрета или увеличению его асимметрии, и, наоборот, сбалансированность нагрузки в структуре водного объекта выражается в уменьшении асимметрии ее фазового портрета – повышении антропогенной устойчивости системы.

Оценку состояний производят путем сравнения расчетных значений фрактальных размерностей с критическими параметрами структуры

экосистемы, контролирующими предел ее самовосстановления (D_0), и структурно-функциональной целостности (D_k).

Расчет параметров структуры водного объекта осуществляется с помощью программы “FracDim” через временные ряды (динамики) изменения концентраций загрязняющих веществ, которые математически представляют собой фрактальные кривые, рис. 1

Знание характера поведения фрактальной размерности, полученной на основе экспериментальных данных, позволяет делать прогнозы поведения системы в будущем. Из принципа самоподобия фрактальных кривых следует, что они в своей структуре содержат информацию о поведении системы, как в прошлом, так и будущем, а фрактальные размерности исследуемых параметров определяют те аттрактивные состояния водного объекта, в которых обеспечивается его максимальная устойчивость. Важным обстоятельством при этом является мультифрактальность экосистемы, обеспечивающая условия совместного выживания биологических видов и, таким образом, способствующее сохранению биоразнообразия – виды умирают поодиночке, но выживают лишь вместе. [2]

Экспериментальные результаты оценки эффективности фрактальной модели биологической реабилитации водных объектов методом коррекции альгоценоза

Применение биологической реабилитации методом коррекции альгоценоза на Матырском водохранилище показало, что вегетативные формы и споры синезеленых водорослей уменьшаются за первый год в среднем до уровня 57% от исходного, за два года до уровня 33%, а за пять лет их остается порядка 6% от начального количества, что не дает им доминантных преимуществ. График уменьшения количества синезеленых водорослей приведен на рисунке 2, и характеризуется экспоненциальной зависимостью:

$$C=C_0 e^{-t/\tau} \quad (2)$$

где C_0 – первоначальное количество водорослей, выраженное в процентах, τ – постоянная очистки, определяемая временем в течение которого количество синезеленых водорослей уменьшается в e раз.

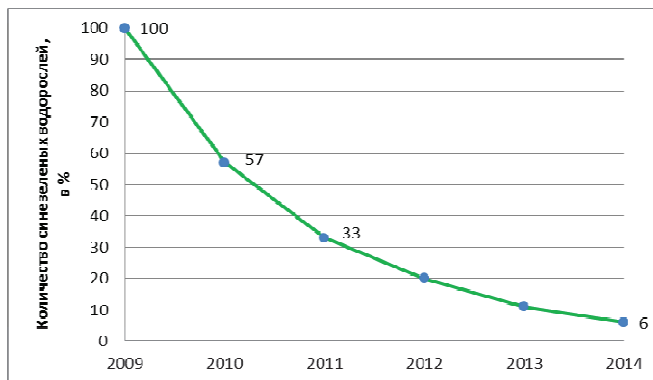


Рисунок 2 – динамика очистки водного объекта в результате применения биологической реабилитации методом коррекции альгоценоза.

По результатам измерений $\tau=1,79$ года. Цикл технологических работ составляет четыре года, то есть водный объект, практически не подвержен «цветению».

Показатели экологического состояния водохранилища, измеренные в течение трех лет, в трех постоянных точках приведены в таблице 1

Таблица 1 – динамика фрактальных размерностей Матырского водохранилища по различным точкам наблюдений гидрохимических показателей.

Показатели	Размерность	2010г.			2011г.			2014г.		
		№1	№2	№3	№1	№2	№3	№1	№2	№3
Водородный показатель	б/р	1,58	1,54	1,55	1,51	1,48	1,45			
Железо общее	мг/дм ³	1,47	1,41	1,42	1,41	1,42	1,44			

Ионы аммония	мг/дм ³	1,56	1,55	1,51	1,55	1,51	1,52			
Нитраты	мг/дм ³	1,52	1,51	1,58	1,51	1,45	1,49			
Нитриты	мг/дм ³	1,49	1,43	1,42	1,41	1,43	1,44			
ХПК	мгО ₂ /дм ³	1,46	1,48	1,43	1,41	1,46	1,38			
Нефтепродукты	мг/дм ³	1,35	1,58	1,34	1,35	1,61	1,39			
БПК ₅	мгО ₂ /дм ³	1,52	1,5	1,56	1,51	1,47	1,49			
Растворенный кислород	мг/дм ³	1,42	1,47	1,41	1,46	1,35	1,34			

Обработка данных экспериментальных измерений по предложенной фрактальной модели показана на диаграммах 1 и 2.

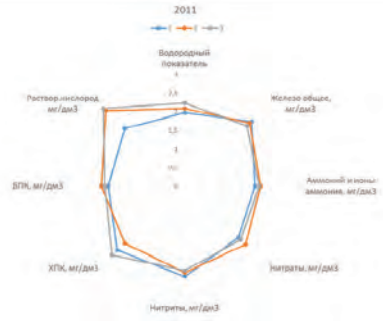
Диаграмма 1 – фрактальная динамика экосистемы Матырского водохранилища в период альголизации по различным точкам наблюдений



Точка наблюдения
№2



2011



Точка наблюдения №3



2014

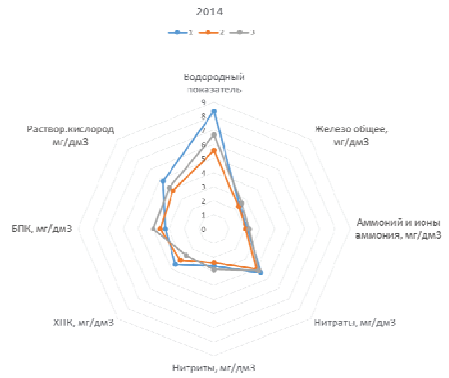


Диаграмма 2 – динамика биоценоза Матырского водохранилища в ходе его альголизации (по четырем таксонам микроводорослей)



В силу своей простоты предложенная фрактальная модель может быть эффективна в системах поддержки управленческих решений, когда необходимо оценить эффективность проведенных мероприятий по выводу системы из нежелательных состояний или повысить ее антропогенную устойчивость. Такая возможность связана с использованием в модели предыстории параметрических наблюдений за системой, вытекающей из ее фрактальности.

Прибавляя одну или несколько точек последующих измерений к старым временным рядам, можно получать новые временные ряды и производить сравнение либо отдельных параметрических динамик экосистемы, либо ее фазовых портретов в целом.

На основании этого делаются выводы о характере изменения (тенденции) антропогенной устойчивости системы за фиксированный период наблюдений.

В частности, положительным результатом альголизации водного объекта считается симметричность фазового портрета в пределах устойчивых

форм организаций, что соответствует сбалансированности динамик существующих нагрузок, Диаграммы 2;3

Симметричность отвечает за развитость экосистемы и сбалансированность антропогенной нагрузки в структуре водного объекта.

Таким образом, произошедшие в результате реабилитации изменения состояния водного объекта предлагается оценивать путем сравнения структурных динамик экосистемы с использованием фазовых портретов как в вегетационный период альголизации, (ежегодно за 4 года) так и в поствегетационный период, (несколько лет).

При этом для регистрации соответствующих изменений фазовых состояний достаточно вновь полученные результаты отбора проб прибавлять к их предыдущему временному ряду, что позволит сократить общее число проб в структуре мониторинга водного объекта.

Результаты и их обсуждение

1. В процессе альголизации за период наблюдений 2010г. по пространственным точкам мониторинга 1-3 можно фиксировать гармоничную структуру фрактального образа водного объекта, характерную для устоявшейся экосистемы во всех точках ее мониторинга.
2. Большинство значений фрактальных размерностей гидрохимических параметров за период наблюдений 2010г. близко к пороговому значению $D_f = 1,5$, что говорит об их стохастическом отклике на внутренние процессы, инициированные альголизацией. Необходимо отметить, что по тем параметрам нагрузки, у которых $D_f > 1,5$ система не может самостоятельно поддерживать себя в устойчивом состоянии и любое сильное внешнее антропогенное влияние может привести к негативным изменениям экологических состояний. Поэтому в процессе

мониторинга необходимо особо контролировать внешние источники, связанные с этими параметрами загрязнений.

3. В целом структура экосистемы водного объекта в 2010г. находится в уравновешенном и экологически развитом состоянии. В таком состоянии система тяготеет к медленным процессам при доминирующем влиянии внешних антропогенных воздействий. То есть применительно к водохранилищу можно говорить о замедлении «цветения» водоема с большой вероятностью увеличения цветения при резком повышении температуры. Это подтверждает тот факт, что 2010г. является латентным периодом внедрения штамма хлореллы в структуру биоценоза водного объекта, при котором резко ограничивается доминирование синезеленых водорослей.
4. Положительный характер изменений фазового портрета водного объекта в 2011 году практически по всем точкам измерений 1-3, указывает на повышение устойчивости и эластичности экосистемы. Можно утверждать, что этот период характерен для начала активной фазы альголизации, в которой увеличивается рост биоразнообразия. При этом максимальное биоразнообразие отмечается на фазовом портрете в точке мониторинга №2. - мелководной зоне водохранилища.
5. Положительные изменения структуры экосистемы за период 2010-2011гг. по всем параметрам произошли достаточно гармонично, и в целом, структура связей в водоеме существенно не изменилась, что говорит о мягком характере управляющего вмешательства в структуру экосистемы.
6. Управление состоянием водного объекта через альголизацию относится к мягкому параметрическому регулированию, состоящего в резкой ликвидации преимуществ одного режима функционирования водного объекта по сравнению с другим за счет внешних организационных мероприятий – альголизации. Вселение хлореллы

- предполагает, что экосистему лишают прежней устойчивости, принудительно воздействуя на параметры экосистемы. В результате этого экосистема самостоятельно переходит в другое состояние за счет собственных внутренних ресурсов.
7. К 2014 году картина кардинально изменилась. Суммарная площадь фазового портрета существенно выросла, что говорит о повышении устойчивости и эластичности экосистемы в целом по сравнению с 2010-2011гг. При этом снижение фрактальной размерности динамики водородного показателя рН по всем точкам мониторинга говорит о появлении мощного фактора, влияющего на этот показатель. Также прослеживается недостаточно быстрое увеличение активности по параметрам «Нитраты» и «Нитриты». При этом отмечается улучшение устойчивости экосистемы по параметру «Растворенный кислород».
 8. Анализ изменения биоразнообразия водного объекта в процессе его альголизации проводился по четырем группам микроводорослей. Фазовые портреты в июле-августе (вегетационный период) говорит о достаточно устойчивой ситуации по этим микроорганизмам. В августе 2014г. можно говорить о влиянии сильного действующего фактора на диатомовые и зеленые водоросли. Ситуация с эвгленовыми и синезелеными водорослями существенного изменения за месяц не претерпела.
 9. В целом корреляция фазовых портретов по гидрохимическим и биологическим параметрам Матырского водохранилища за период 2010-2014гг. говорит о резком понижении и стабилизации активности негативных факторов размножения синезеленых водорослей при одновременном увеличении биоразнообразия водного объекта за счет повышения балансовой устойчивости экосистемы. Однако неправильный характер формы фазового портрета (нарушение его симметричности) указывает на относительную неустойчивость произошедших изменений.

Библиографический список

1. Дубовиков М.М., Старченко Н.В. Эконофизика и анализ финансовых временных рядов. Сборник ЭАИ МИФИ «Эконофизика. Современная физика в поисках экономической теории». М, 2007 С.58 – 64
2. Д.Б. Гелашвили, Г.С. Розенберг, Д.И. Иудин и соавт.; Фрактальные аспекты структурной устойчивости биотических сообществ. Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера», 2013, т. 5, № 2. С. 143 - 159
3. MacArthur R.H. Fluctuations of animal populations, and measure of community stability // Ecology. 1955. V. 36. №7. P. 353-356.
4. Hurlbert S.H. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters // Ecology. V. 52. №4. P. 577-586.
5. Benoit B. Mandelbrot A Multifractal Walk Down Wall Street// Scientific American. Feb. 1999 pp 70-73.
6. Brillouin L. Science and information theory. - New York: Academic Press, 1956. - 320 p.
7. Реньи А. Трилогия о математике. — М.: Мир, 1980. — 376 с.
8. Rényi entropy as a measure of entanglement in quantum spin chain: F. Franchini, A. R. Its, V. E. Korepin, Journal of Physics A: Math. Theor. 41 (2008) 025302.
9. Цветков И. В. Использование фрактальных временных рядов в комплексном анализе речных систем: Моделирование сложных систем: сборник научных трудов – Тверь: Изд-во ТвГУ, 1998. – Вып.1 – С. 145-155
10. Насонов А. Н. Сметанин В. И. Топологическое моделирование природно-техногенных систем // Природообустройство. – 2013. - №1. – С. 11-16
11. Kudinov A.N., Tsvetkov V.P. and Tsvetkov I.V. Catastrophes in the Multi-Fractal Dynamics of Social-Economic Systems. Russian Journal of Mathematical Physics, 2011, v.18, №2, p.149-155.
12. А.Г. Масловская, Т.Р. Осокина, Т.К. Барабаш. Применение фрактальных методов для анализа динамических данных/ Вестник Амурского

государственного университета. - 2010. - Вып. 51: Сер. Естеств. и экон. науки. - С. 13-20

13. Хабарова Е.И., Роздин И.А., Никитина С.В., Леонтьева С.В. Расчет и оценка эколого-значимых параметров. Учебно-методическое пособие. – М.: МИТХТ, 2010. – С.64

14. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод, 2000. – С. 23

УДК 556

Фрактальная модель распределения вероятности паводковых наводнений на территории Рязанской области.

В.И. Сметанин, доктор технических наук, профессор, А. Н. Насонов, кандидат технических наук, доцент, И.М. Жогин, И. В. Цветков, доктор технических наук,

ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ

УНИВЕРСИТЕТ - МСХА ИМЕНИ К.А.ТИМИРЯЗЕВА»,

г. Москва, Россия

В нашей статье мы излагаем применение оценки уровня подъема паводковых вод с применением мультифрактальной модели речной системы. В качестве анализируемого объекта нами выбрана речная система Рязанской области, как одной из самых подверженных наводнениям. Рассчитаны показатели фрактальной модели наводнений, на их основе определены коэффициенты, позволяющие прогнозировать уровень подъема воды.

In our work, we set forth a method of evaluation of a level of rush of flood water using a multifractal model of river system. We chose the river system of the Ryazan Region as one of the most flood-prone areas as a test object. The indices of the fractal model of the given river system were calculated, and on their basis the coefficients enabling to forecast a level of rush of flood water were obtained.

В России ежегодно происходит от 40 до 68 кризисных наводнений. По данным Росгидромета, этим стихийным бедствиям подвержены около 500 тыс. кв. км, наводнениям с катастрофическими последствиями – 150 тыс. кв. км, где расположены порядка 300 городов, десятки тысяч населенных пунктов, большое количество хозяйственных объектов и более 7 млн. га сельскохозяйственных угодий.

Среднегодовой ущерб от наводнений оценивается примерно в 40 млрд. рублей [1].

Изданы ряд постановлений и распоряжений правительства Российской Федерации, направленных на проведение неотложных противопаводковых мероприятий по защите от затопления и подтопления городов, населенных пунктов, объектов народного хозяйства и ценных земель на территории Российской Федерации.

Однако для разработки эффективных механизмов защиты от затопления территорий в различных регионах России необходимо учитывать специфику каждого региона – его общую площадь, плотность населения, развитость инфраструктуры, рельеф местности, обводненность территории, данные многолетних статистических наблюдений за прохождением паводков в регионе, подробные карты местности (топографические, гидрологические, аэрокосмические). Все эти сведения позволят разработать математическую модель паводковых наводнений, построить карту затопления территорий, выделить участки, требующие защиты от затопления и предложить технологию возведения сооружений инженерной защиты.

В качестве примера реализации нашего подхода рассмотрим территорию Рязанской области.

Рязанская область одна из плотно населенных и хорошо освоенных областей России. Площадь ее составляет 39, 6 тыс. кв. км. Наибольшая протяженность с севера на юг – около 225 км, с запада на восток – около 250 км. Численность населения по данным на 01.01.2015 года составляет 1 135,4 тыс. человек [2].

Рязанская область имеет достаточно высокую степень обводненности. На территории области находятся 895 рек, 2837 озер и 1230 болот.

Паводкоопасными районами являются территории практически всех муниципальных образований Рязанской области. [3]

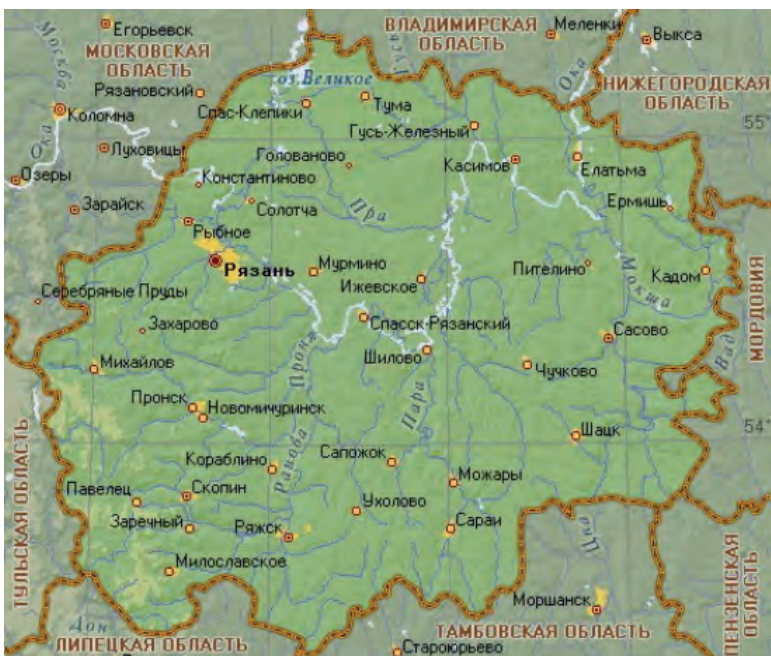


Рис.1. Карта Рязанской области.

Через всю территорию Рязанской области с севера-запада на северо-восток протекает река Ока с притоками рек Проня, Пара, Пра, Мокша и др.

Наиболее подверженными затоплениям являются такие районы Рязанской области, как Кадомский, Ермишинский, Касимовский Спасский, Сасовский, Шацкий.

По данным пресс-службы МЧС по Рязанской области на протяжении ряда лет от наводнений страдает поселок Кадом. Максимальный уровень подъема паводковых вод в реке Мокша ежегодно превышает критический, величина которого для поселка Кадом составляет 760 сантиметров. В результате, ежегодно затопленными оказываются десятки улиц и сотни жилых домов. Так, например, в апреле 2012 года подтопленными оказались 47 улиц и 1148 жилых домов с населением 3545 человек. Максимальный

подъем уровня воды в реке Мокша составил 801 сантиметр, что превышает критический на 41 сантиметр.

Ежегодные бюджетные ассигнования, выделяемые из резервного фонда Правительства Российской Федерации «По предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и последствий стихийных бедствий» исчисляются миллионами рублей.

Правительство Рязанской области 29 октября 2014 года приняло постановление №315 об утверждении государственной программы Рязанской области «Развитие водохозяйственного комплекса и улучшение экологической обстановки в 2015-2020 годах». Одной из важнейших задач этой программы является обеспечение защищенности населения и объектов экономики от наводнений и иного негативного воздействия вод сооружениями инженерной защиты [4].

Решение задач прогнозирования максимальных паводковых уровней и соответственно построение карт затопления территорий невозможно без учета трех основных факторов:

- 1) Влагоемкость или толщина снежного покрова;
- 2) Промерзание почвы;
- 3) Интенсивность таяния снега.

Среднее количество осадков для Рязанской области составляет около 500 мм в год. Средняя толщина снежного покрова – 400 мм. [2]

Речная сеть Рязанской области относится к бассейну среднего и, частично, нижнего течения реки Оки. Протяженность ее по территории области – свыше 500 км.

Из гидрографической карты Рязанской области видно, что степень общей обводненности территории достаточно высокая.

Общий равнинный характер территории Рязанской области определяет относительно низкую скорость течения в Оке и ее притоках (Ока – 4,5-6 км/ч; Пра – 4 км/ч; Мокша - 3,5 км/ч). Низкая скорость течения обуславливает

высокую извилистость русел и наличие большого количества озер в «старицах» [3].

В свете всего вышесказанного остро стоит вопрос прогнозирования будущих наводнений. Существует достаточно большое количество методик, но все имеют один существенный изъян – низкую точность. Для определения наиболее вероятных к затоплению территории используем методы фрактального анализа. Исходя из основ фрактального анализа [5], мы можем утверждать, что речная система имеет фрактальный характер и степень ее развитости определяется фрактальными показателями. А так же развитость речной сети напрямую связана с вероятностью затопления. Оценочной характеристикой развитости речной сети будем считать ее фрактальную размерность [6].

Согласно модели мультифрактальной динамики [5], уровень подъема воды Δh от ординара равен средней скорости подъема X умноженное на среднее время подъема T . Естественно предполагать, что средняя скорость подъема X является функцией фрактальной размерности D речной системы на данной территории. Тогда имеем: $\Delta h = X \cdot T$. Зависимость $X(D)$ определяется кубическим уравнением [5]. В рамках линейного приближения $\Delta h = \eta \cdot T \cdot (D - D_0)$. Удобно ввести новый коэффициент $k = \eta \cdot T$

Тогда максимально возможный подъем уровня воды Δh определяется с помощью формулы:

$$\Delta h = k \cdot (D_0 - D) \quad (1)$$

где D_0 и k – коэффициенты модели, подбираемые из условия наилучшего приближения формулы (1) к опытным данным.

Поскольку коэффициент k равен $\eta \cdot T$, то его значение зависит от коэффициента η , который определяется величиной снежного покрова, скоростью таяния снегов, количеством осадков во время паводка и т.д.

На наш взгляд оптимальный выбор значения $D_0 = 1$, из которого следует, что подъем уровня воды будет целиком обусловлен фрактальной размерностью речной системы территории.

Значение коэффициента k естественно принять одинаковым для всей территории Рязанской области. Выбор конкретного значения его в текущий момент времени, на основании имеющихся гидрологических данных не представляется возможным и его определение планируется в дальнейших работах автора.

В связи с этим введем следующую характеристику уровня подъема воды $\theta_{1,2}$ на территориях, помеченных индексами 1 и 2, согласно формуле:

$$\theta_{1,2} = \frac{\Delta h_1}{\Delta h_2} = \frac{D_1 - 1}{D_2 - 1} \quad (2)$$

Выбрав территорию 2 за эталонную, мы можем записать,

$$\theta_i = \theta_{i,2} = \frac{\Delta h_i}{\Delta h_2} = \frac{D_i - 1}{D_2 - 1} \quad (3)$$

В качестве D_2 выберем минимальное значение фрактальной размерности по участкам территории Рязанской области, которая оказалась равной 1,19. Тогда из (3) следует соотношение

$$\theta_i = 5,387 \cdot (D_i - 1) \quad (4)$$

Логично назвать величину θ_i относительным коэффициентом наводнения i – той территории региона, который является количественной и качественной характеристикой весеннего паводка.

Отличительной особенностью величины θ_i является ее зависимость только от D_i . Другие факторы, такие как величина осадков, температурный режим, величина снежного покрова, влияния на величину этого коэффициента не оказывают.

Из формул для Δh и θ_i следует, что основным и универсальным управляющим параметром в данном случае является фрактальная размерность речной системы – D . Есть множество способов изменения фрактальной размерности речной системы. В частности, резкое понижение фрактальной размерности наблюдается вокруг искусственных водоемов и водохранилищ. Мелиоративные мероприятия также могут оказать существенное влияние на разветвленность речной сети, и, соответственно, на ее фрактальную размерность. Кроме того, строительство упорядоченных каналов снижает фрактальную размерность речной сети и, соответственно, уменьшает опасность затоплений на прилегающей территории.

Для практического определения фрактальной размерности речной сети была написана специальная программа, которая обрабатывает рисунки формата BMP, разбивая выделенный прямоугольный фрагмент сеткой на отдельные квадраты с последующим подсчетом не белых элементов изображения (пикселей). В качестве исходных данных так же задается начальный и конечный шаги сетки. Далее расчет фрактальной размерности идет по классической схеме:

$$\ln N = -D \ln \delta + \ln A.$$

В отличие от «клеточного» подсчета для обработки брались не отдельно бассейны рек, а прямоугольные области бассейнов.

Обрабатывались как бассейны рек в целом, так и отдельные элементы речной системы. Если были необходимы результаты по верховьям реки (а они часто обладают очень неправильной формой) то бралось несколько равновеликих прямоугольных областей, производился расчет по каждой, после чего результат усреднялся.

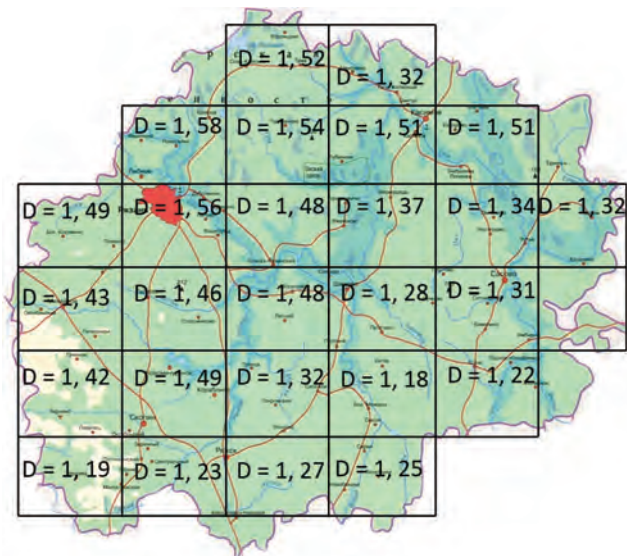


Рис. 1 Распределение фрактальной размерности речной сети по территории Рязанской области

На основе распределения фрактальной размерности по территории Рязанской области можно сделать ряд выводов.

Территория Мещерской низменности характеризуется высоким уровнем развития структуры речной сети и высокой фрактальной размерностью. Высоким значением размерности характеризуется и вся территория, близкая к руслу Оки. Даже наличие болот в Мещерской низменности не оказывает снижающего влияния на развитость речной сети. Можно говорить о высокой сложности структурных элементов речной сети и высокой обводнённой территории. Что вкпе с практически плоским рельефом указывает на высокую вероятность затоплений.

Велика вероятность затоплений на всем северо-западе Рязанской области и постепенно снижается к северу и к востоку.

На западе области характер рельефа менее пологий и фрактальная размерность речной сети значительно ниже. На данной территории вероятность наводнений достаточно низкая.

Тот же вывод можно сделать и из распределения величин фрактальной размерности речной сети на юге области.

В целом русло Оки является аттрактором для уровня сложности речной сети. Система мелиоративных каналов болот Мещерской низменности не оказывает упорядочивающего эффекта на сток воды и неэффективна. Это может быть либо по причине ошибок при проектировании системы каналов, либо вследствие отсутствия восстановительно-ремонтных работ на них.

Распределение коэффициентов вероятности затопления представлено на Рис. 2. По ним можно сделать вывод о вероятности наводнения на конкретной территории. Наибольшему риску затопления подвергаются области Мещерской низменности и окского бассейна.

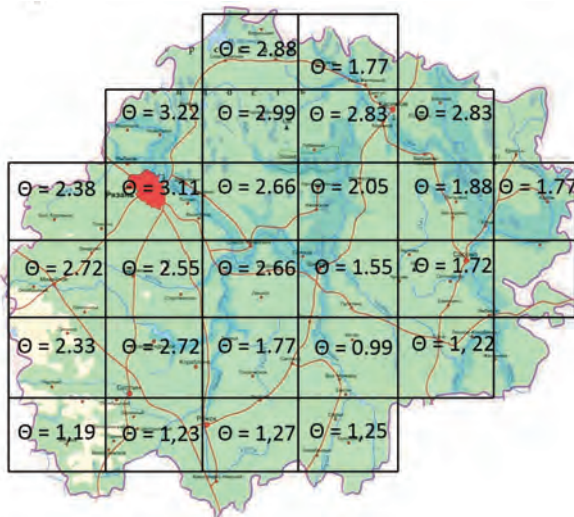


Рис 2 Распределение коэффициента наводнений θ по территории Рязанской области.

Распределение коэффициента наводнений θ представлено нами на Рис.2.

Из этого рисунка видно, что уровень подъема воды на разных территориях Рис.2 может различаться не более в 3 раза.

Опытная проверка соотношения (4) планируется в дальнейших исследованиях в этом направлении, связанных с региональной тематикой.

Библиографический список

1. URL <http://www.mchs.gov.ru>, дата посещения 29.07.2015.
2. URL https://ru.wikipedia.org/wiki/Рязанская_область, дата посещения 29.07.2015
3. URL www.nasharyazan.info дата посещения 29.07.2015
4. Постановление правительства Рязанской области от 29 октября 2014 года №315
5. V. P. Tsvetkov, I.V.Tsvetkov, A.N.Kudinov, Catastrophes in the Multi-Fractal Dynamics of Social-Economic Systems, *Russian Journal of Mathematical Physics*, № 2, с. 149-155, 2011

И. В. Цветков, Фрактальная модель наводнений на примере речной системы Тверской области. Седьмые Курдюмовские чтения: Синергетика в естественных науках. Труды международной междисциплинарной научной конференции, Тверь: ТвГУ, 2011, с. 274-276.

Особенности управления развитием природно-техногенных систем и оценка его качества (на примере экологической реабилитации Матырского водохранилища)

Д.В. Козлов, проректор по инновационному развитию РГАУ-МСХА
им. К.А. Тимирязева, доктор технических наук, профессор, А. Н. Насонов, кандидат
технических наук, доцент, И.М. Жогин, И. В. Цветков, доктор технических наук,
профессор

ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ -
МСХА ИМЕНИ К.А.ТИМИРЯЗЕВА»,

г. Москва, Россия

В данной статье нами описывается математическая модель управления развитием системы, где индикаторным параметром реакции системы на управляющие воздействия служит динамика мультифрактальных фазовых состояний системы. Для большей наглядности предлагается графическая интерпретация в виде мультифрактальной фазовой диаграммы. Для определения вероятностной вариабельности отклика системы, оценки ее эластичности и запаса прочности при переводе системы из одного аттрактивного состояния в другое предлагается использование мультифрактальных спектров Реньи.

In this work we describe a mathematical model of system development control where the indicative parameters of response of a system to control actions is multifractal system phase dynamics. For clarity, we represent a graphical interpretation in the form of a multifractal phase diagram. In order to determine any any probablistic variability of system response as well as estimation of its flexibility and reliability during changing between its attractive states, we offer to use the multifunctional Renyi spectrum.

Цель управления развитием сложных систем состоит в том, чтобы не допустить катастрофического сценария развития системы и обеспечить при этом, в зависимости от начальных условий, максимально эффективные обменные взаимодействия с внешней средой. Для этого необходимо перевести или стабилизировать систему на границе области поддержки

отрицательной обратной связи – то есть на границе самоорганизованной критичности.

Это обеспечивает максимальную развитость (открытость) конкретной системы при сохранении ее внутренней стабильности. По мере изменения внешних нагрузок внутренняя стабильность также меняется, поэтому при выборе управляющего воздействия необходимо изначально оценить степень развитости системы. То есть определить начальные условия управления и качественно оценить затраты перевода системы из одного состояния в другое.

Поэтому важным условием всего процесса управления и его отдельных этапов является определение начальных значений фрактальных размерностей, по которым строится фазовый портрет системы и по нему оценивается степень развитости системы. При этом более отстающие от центра диаграммы точки отвечают более устойчивым состояниям системы, а приближение к центру диаграммы соответствует переходу системы к более неустойчивому, вариативному экологическому состоянию. Чрезмерная антропогенная нагрузка приводит к сужению фазового портрета или увеличению его асимметрии, и, наоборот, сбалансированность нагрузки в структуре системы выражается в уменьшении асимметрии ее фазового портрета.

Таким образом, развитость системы индицируют о готовности ее структуры к изменениям и о степени трудозатрат различного вида для достижения поставленных целей управления.

Характер и структура управляющих воздействий определяются целями и начальными условиями управления развитием и накладывает определённые ограничения на управляющие воздействия. Процессы со сложным поведением не могут регулироваться простыми и однозначными воздействиями. Пример: если на дороге много ям, то необходимо ехать с переменной скоростью и часто менять направление движения.

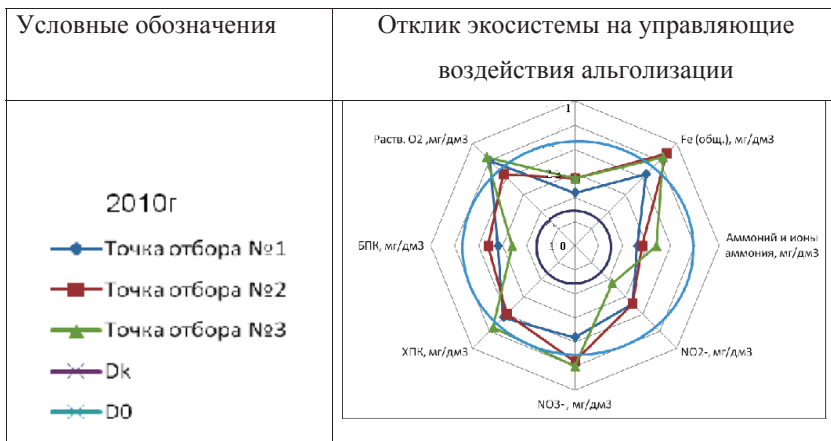
И наоборот, достаточно простые, близкие по силе управляющие воздействия могут приводить к системной нестабильности. Пример - автомобиль на скользкой дороге – лучшая тактика — это ехать медленно и по

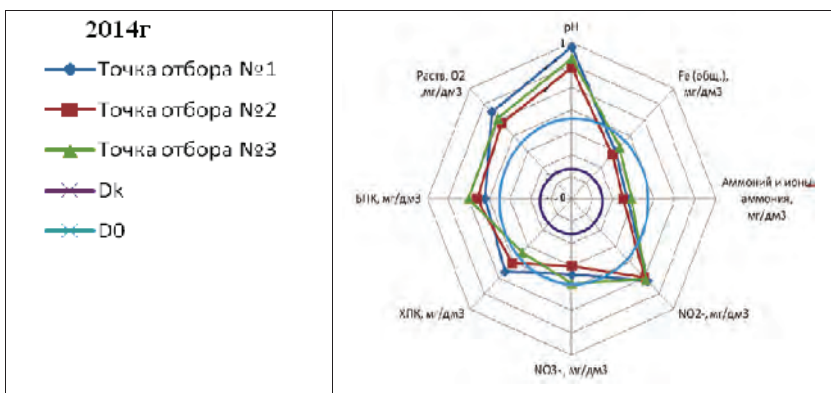
возможности прямолинейно. Рывки рулем и торможение-ускорение без необходимости могут вызвать занос.

Пусть, например, имеется метастабильно устойчивая система, и требуется перевести фазовую траекторию из одной точки аттрактора в другую. Хаотические траектории таких систем обладают свойством с течением времени попадать в окрестность *любой* точки, в том числе и принадлежащей желаемому аттрактору. Если правильно подобрать параметры и структуру управляющих воздействий, требуемый результат может быть получен за счет одного или серии незначительных воздействий.

Каждое из этих воздействий лишь слегка корректирует траекторию. Но через некоторое время накопление и экспоненциальное усиление малых возмущений приводит к достаточно сильной коррекции траектории. Подобные системы демонстрируют одновременно и хорошую управляемость и пластичность: система чутко реагирует на внешние воздействия, при этом сохраняя тип движения. Комбинация управляемости и пластичности, по мнению многих исследователей, является причиной того, что хаотическая динамика является характерным типом поведения для многих жизненно важных подсистем живых организмов.

Таблица 2. Оценка эффективности управляющих воздействий в ходе экологической реабилитации Матырского водохранилища.





Необходимо иметь в виду, что отклик системы на управляющие воздействия формируется не сразу, а с временным лагом (запаздыванием во времени), что является следствием высокой резистентности (чувствительности к возмущению) среды. Это необходимо учитывать при мониторинге контрольных состояний и самой структуры мониторинга.

Например, оценка результатов экологической реабилитации методом коррекции альгоценоза, показанная в *Таблице 2*. говорит о том, что управляющие воздействия не достигли поставленной цели в ходе альголизации биосистемы. Система покинула прежние состояния, но не может самостоятельно поддерживать новые достигнутые состояния и “скатывается” на прежние аттракторы развития. Об этом наглядно свидетельствует нарушение симметрии фазового портрета в 2014г. – экосистема перешли в метастабильно устойчивые состояния.

Таким образом, дискретная часть управления развитием состоит в управляющих воздействиях на систему, а непрерывная – в создании максимально благоприятных условий для достижения целей управления.

При схеме непрерывно-дискретного управления развитием системы очевидна связь между кусочно-линейным трендом, по которым строятся фазовые портреты отклика (таблица 2) и концепцией управления развитием.

Управляющие воздействия интерпретируются как долгосрочный линейный тренд, а создаваемые условия и, соответственно, реакция среды выглядит как малые осцилляции управляющего параметра во времени, [11,16]

Определение: Пусть $y(t)$ мультифрактальная кривая, описывающая динамику интересующей нас величины и имеющей на интервалах времени T_i ($i=1,2,3\dots n$) определенное значение фрактальной размерности D_i .

Тогда, если скорость X_i линейного тренда $\bar{y}_i(t)$, аппроксимирующего эту функцию на интервале T_i с нужной нам степенью точности, зависит только от D_i , то данный вид динамики будем называть мультифрактальным.

В этом случае динамику мультифрактального процесса на интервале T_i ($t_{0i} < t < t_{0i+1}$, $T_i=t_{0i+1}-t_{0i}$) используя понятие линейного тренда можно разделить на две составляющие:

$$y_i(t) = \bar{y}_i(t) + \tilde{y}_i(t) \quad (1)$$

где - $\bar{y}_i(t)$ – линейный тренд процесса, который во времени меняется гладко;

$\tilde{y}_i(t)$ – быстрые осцилляции относительно тренда.

Предполагается, что $|\bar{y}_i(t)| \gg |\tilde{y}_i(t)|$ и кривая $y(t)$ является мультифрактальной. Линия тренда $\bar{y}_i(t)$ имеет фрактальную размерность равную единице а $\tilde{y}_i(t)$ – фрактальной размерности D_i .

Мерой погрешности модели будет величина $\Delta i = \max |\tilde{y}_i(t)|$ на рассматриваемом интервале изменений D_i . На всем интервале наблюдения общее значение погрешности $\Delta = \max \Delta i$, $i=1\dots n$.

Одной из основных задач является построение модели, в которой функции $\bar{y}(t)$ и $\tilde{y}(t)$ были связаны определенным образом. В предлагаемой модели фрактальной динамики (1) тангенс угла наклона X линейного тренда $\bar{y}(t)$ является функцией фрактальной размерности D , то есть $X = X(D)$.

Тогда уравнение (2), для случая использования линейного тренда, можно записать в виде:

$$y(t)=X(D) \cdot (t - t_i) + \tilde{y}_i(t) \quad (2)$$

Важным моментом полученного уравнения (9) является то, что часть его параметров являются управляющими воздействиями. Изменяя их значения, можно на основании свойств модели корректировать развитие системы, предотвращая наступление критических явлений и способствуя достижению системой оптимальных характеристик. Так при изменении параметров управляющих воздействий модель показывает переход из некризисной области в область катастроф, соответствующей режимам самовозбуждения среды.

Для оптимизации управляющего воздействия предлагается использовать мультифрактальную модель, связывающую величину воздействия с вариабельностью отклика системы и запасом ее устойчивости. Для этого необходимо построение мультифрактальных спектров Реньи для всей структуре управляемых параметров.

Такие спектры показывают, как со временем могут меняться отклики экосистемы под воздействием управляющих воздействий и оценивать стабильность этих откликов. То есть мультифрактальные спектры позволяют оценивать вариабельность и стабильность откликов на управляющие воздействия в динамике.

В теории информации, энтропия Реньи, как обобщение энтропии Шеннона, является одним из семейства функционалов для количественного описания разнообразия состояний в условиях случайного поведения системы.

Энтропия Реньи порядка q , где $q \geq 0$, $q \neq 1$ определяется, как

$$H_q = \frac{1}{1-q} \log_2 \left(\sum_{i=1}^n P_i^q \right) \quad (3)$$

где p_i - появление вероятностей некоторых событий $\{x_1, x_2 \dots x_n\}$

Если все вероятности одинаковые, то распределения энтропии Реньи равны $H_q(X) = \log_2 n$. В противном случае, энтропии слабо уменьшаются как функция от q , [7]. В нашем случае X – число отдельных отрезков с постоянной фрактальной размерностью, n – общее число точек измерения.

Для построения мультифрактальных спектров параметров нагрузок из формулы оценки мер их возможного разнообразия, вычисляется индекс Шеннона, [6]:

$$H = -\sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i \quad (4)$$

где $p_i = \frac{x_i}{-\sum_{i=1}^n x_i}$ соответствуют представленности (доле) рассматриваемого компонента (параметра) биосистемы в выборке, [4,7].

Для таких подмножеств можно вычислить фрактальные размерности, которые будут характеризовать активности нагрузок или вероятность их проявления в случае нормирования к индексу Пилу (Пиелу). Индекс Пилу (Пиелу), вычисляется через нормировку индекса Шеннона, (6) между 0 и 1. Такой смысл имеет ордината точек на графике нормированного мультифрактального спектра – $P(D)$. Абсцисса точек Q характеризует вероятность представленности (доли) компонентов того или иного подмножества.

Мультифрактальный спектр строится как функция нормированной энтропии Реньи (R) от общеспектральной вероятности (W). Для вероятностного спектра Реньи организационного порядка q имеем:

$$W_q R(u || v) = \frac{1}{\alpha - 1} \log_2 \frac{\alpha \sum_{x \in X} D_x v(D) \left(\frac{u(D_x)}{v(D_x)} \right)^\alpha}{\sum_{x \in X} u(D_x)} \quad (5)$$

Где $u(D)$ и $v(D)$ – соответственно частотно-вероятностные зависимости фрактальной размерности на определённом промежутке длины с одинаковой фрактальной размерностью от размаха параметра на данном промежутке.

При этом соотношение $\left(\frac{u(D_s)}{v(D_s)}\right)$ можно интерпретировать, как мультифрактальную энтропию, являющуюся характеристикой структурного разнообразия или “мозаичности” системы.

Для индикации достижения анализируемой системой критических состояний, (соответствующим либо истощению ресурсов экосистемы, либо началу разрушения ее структуры), в координатном поле $\{P(D); (Q)\}$ строятся прямые, отвечающие условным системам с постоянной фрактальной размерностью D_k и D_o . Поскольку при постоянной фрактальной размерности соотношение $\left(\frac{u(D_s)}{v(D_s)}\right)$ превращается в константу, выражение (5) приобретает вид, соответствующий прямой:

$$W = k(D)R + b \quad (6)$$

Положение прямых D_o и D_k , соответствующих критическим значениям мультифрактальных спектров, определяют путем решения уравнения расхождения Реньи порядка α , при $\alpha > 0$, которое имеет вид:

$$Q(W \| P) = \frac{1}{\alpha - 1} \log \left(\sum_{i=1}^n \frac{P_i^\alpha}{q_i^{\alpha-1}} (D_i - 1) \right) = \frac{1}{\alpha - 1} \log \sum_{i=1}^n P_i^\alpha q_i^{1-\alpha} (D_i - 1) \quad (7)$$

где P - вероятность того, что система примет состояние, характеризуемое определенным значением фрактальной размерности; A - мультифрактальное множество текущего поля фрактальных размерностей; α - расхождение Реньи для текущего поля фрактальных размерностей; P_i - вероятность того, что система будет обладать определенной фрактальной размерностью мультифрактального временного ряда, $p_i = N_i / N(\varepsilon)$; N_i - i -е число элементов мультифрактального множества с определенной фрактальной размерностью; $N(\varepsilon)$ - полное число элементов мультифрактального множества; q_i - вероятность достижения фрактальной размерностью определенного значения при фиксированной вероятности события.

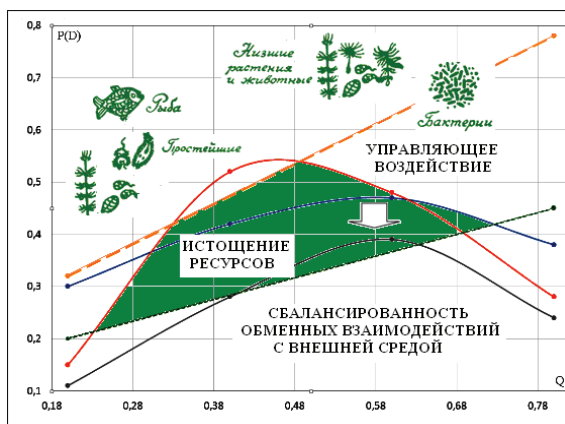


Рис.2 Оценка variability отклика экосистемы на управляющие воздействия как индикатор ее выхода на желаемые аттракторы развития

Критерием качества управления развитием может служить принцип минимума диссипации, связанный с изменением энтропии системы, [8].

Основной задачей процесса управления развитием служит уменьшение, или хотя бы не допущение увеличения энтропии. Если управляющие воздействия на первый взгляд дают результат, но приводят к росту энтропии, то это может выразиться в катастрофе.

Отсутствие возрастания энтропии характеризуют процесс с точки зрения повышения внутренней организованности системы, ее устойчивости. Этот критерий определяет направление развития процессов упорядочивания и стабилизации. Усиление хаотической составляющей процессов характеризуется повышением энтропии, но, вместе с тем, и изменением конфигурационного пространства. Если это пространство возрастает, то система развивается и переходит в новое качественное состояние (аттрактивное состояние). Это способствует появлению у системы новых степеней свободы. Появляются возможности в установлении новых связей в рамках новой структуры отношений. Если же конфигурационное пространство в результате хаотического процесса сокращается, то система

деградирует, распадается. В ней снижаются степени свободы и возможности развития, [13]

Таким образом, управление развитием природно-техногенных систем предлагается осуществлять по дискретно-непрерывной схеме, состоящей в ликвидации преимуществ нежелательного режима функционирования системы за счет внешних управляющих воздействий. Это означает, что экосистему лишают прежней устойчивости, принудительно воздействуя на ее параметры. В результате этого экосистема самостоятельно изменяет траекторию своего развития, используя при этом лишь собственный ресурс.

Индикатором ответной реакции системы на управляющие воздействия служат структурные фазовые диаграммы, а оценкой качества этих воздействий служит принцип минимума диссипаций, выражающийся в характере монотонных осцилляций фрактальной размерности управляемого параметра.

Это означает, что среда адекватно реагирует на управляющие воздействия, не приводящие к автоколебаниям ее параметров, за которыми следуют диссипативные процессы “выгорания” среды.

Построение соответствующих спектров Реньи дает возможность оценки варибельности и устойчивости отклика экосистемы на управляющие воздействия и является своеобразным индикатором выхода системы на желаемые аттракторы развития.

Библиографический список

1. Дубовиков М.М., Старченко Н.В. Эконофизика и анализ финансовых временных рядов. Сборник ЭАИ МИФИ «Эконофизика. Современная физика в поисках экономической теории». М, 2007 С.58 – 64
2. Д.Б. Гелашвили, Г.С. Розенберг, Д.И. Иудин и соавт.; Фрактальные аспекты структурной устойчивости биотических сообществ. Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера», 2013, т. 5, № 2. С. 143 - 159

3. MacArthur R.H. Fluctuations of animal populations, and measure of community stability // *Ecology*. 1955. V. 36. №7. P. 353-356.
4. Hurlbert S.H. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters // *Ecology*. V. 52. №4. P. 577-586.
5. Benoit B. Mandelbrot A Multifractal Walk Down Wall Street// *Scientific American*. Feb. 1999 pp 70-73.
6. Brillouin L. Science and information theory. - New York: Academic Press, 1956. - 320 p.
7. Реньи А. Трилогия о математике. — М.: Мир, 1980. — 376 с.
8. Rényi entropy as a measure of entanglement in quantum spin chain: F. Franchini, A. R. Its, V. E. Korepin, *Journal of Physics A: Math. Theor.* 41 (2008) 025302.
9. Цветков И. В. Использование фрактальных временных рядов в комплексном анализе речных систем: Моделирование сложных систем: сборник научных трудов – Тверь: Изд-во ТвГУ, 1998. – Вып.1 – С. 145-155
10. Насонов А. Н. Сметанин В. И. Топологическое моделирование природно-техногенных систем // *Природообустройство*. – 2013. - №1. – С. 11-16
11. Kudinov A.N., Tsvetkov V.P. and Tsvetkov I.V. Catastrophes in the Multi-Fractal Dynamics of Social-Economic Systems. *Russian Journal of Mathematical Physics*, 2011, v.18, №2, p.149-155.
12. А.Г. Масловская, Т.Р. Осокина, Т.К. Барабаш. Применение фрактальных методов для анализа динамических данных/ *Вестник Амурского государственного университета*. - 2010. - Вып. 51: Сер. Естеств. и экон. науки. - С. 13-20
13. Бык Ф.Л., Китущин В.Г., Понятийные аспекты новой парадигмы управления. “Менеджмент в России и за рубежом”, №5, 2007г. С.3
14. Мусеев Н.И. Универсальный эволюционализм // *Вопросы философии*, 1991, №3.
15. Е. Н. Десятирикова, О. Ю. Лавлинская, М. Н. Рудакова. Анализ принципов управления инновационными проектами с позиций теории

устойчивого развития сложных систем. Вестник ВГУ, серия: “Системный анализ и информационные технологии”, 2012, № 2 – С.106-110

16. A.N. Kudinov, O.I. Krylova, V.P. Tsvetkov, I.V. Tsvetkov Mathematical model of multifractal dynamics and global warming//Eurasian Mathematical Journal. VOLUME 5, NUMBER 2, 2014. P 52-60.

Сравнительный анализ методов, применяемых для оценки экологического состояния водных объектов, подверженных антропогенному воздействию

Г.В. Шибалова, доцент

ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ - МСХА ИМЕНИ К.А.ТИМИРЯЗЕВА»,

г. Москва, Россия

В статье определены основные задачи мониторинга водных объектов, подверженных антропогенному воздействию. Рассмотрены методы, применяемые для оценки их экологического состояния. Описаны возможности применения данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий для оценки экологического состояния водных объектов.

In article the primary goals of monitoring of the water objects subject to anthropogenous influence are defined. The methods applied to an estimation of their ecological condition are considered. Possibilities of application of the data of remote sensing of the Earth and geoinformation technology for an estimation of an ecological condition of water objects are described.

Ключевые слова: мониторинг, экологическое состояние, антропогенное воздействие, источники загрязнения, дистанционное зондирование.

Keywords: monitoring, an ecological condition, anthropogenous influence, pollution sources, remote sensing.

Защита водных ресурсов от истощения и загрязнения, их рациональное использование – одна из наиболее важных проблем народного хозяйства.

Мониторинг водных объектов осуществляется в целях своевременного выявления и прогнозирования развития негативных процессов, влияющих на качество воды в водных объектах и их состояние, разработки и реализации мер по предотвращению возможных последствий, оценки эффективности мероприятий по охране водных ресурсов. Мониторинг включает изучение и оценку состояния поверхностных водных объектов, состояние их дна и берегов, водоохраных зон и подземных вод.

Государственный мониторинг водных объектов ведется в границах бассейновых округов с учетом особенностей режима водных объектов, их физико-географических, морфометрических и других характеристик.

Оценка экологического состояния акватории и территории производится на основе специально разработанных методологических подходов к идентификации участков, подверженных антропогенному воздействию, определению количественных оценок выявленных нарушений и анализу причин их возникновения.

Мониторинг поверхностных водных объектов состоит из наблюдения за уровнем загрязнения вод и донных отложений рек, озер, водохранилищ и морей по физическим, химическим и гидробиологическим показателям с целью изучения распределения загрязняющих веществ во времени и пространстве, оценки и прогноза состояния водных ресурсов, определения эффективности мероприятий по их защите.

Для проведения мониторинга вод суши организуются: стационарная сеть пунктов наблюдений за естественным составом и загрязнением поверхностных вод; специализированная сеть пунктов для решения научно-исследовательских задач; временная экспедиционная сеть пунктов.

Местоположение створов устанавливаются с учетом гидрометеорологических и морфологических особенностей водного объекта, расположения источников загрязнения, количества, состава и свойств сбрасываемых сточных вод, интересов водопользователей и водопотребителей.

Данные о состоянии водных объектов, характеризующиеся количественными и качественными показателями, получают по результатам предварительных (рекогносцировочных) и систематических наблюдений и исследований на водных объектах или их участках.

При мониторинге подземных водных объектов производится оценка изменения режима подземных вод основных водоносных горизонтов по количественным и качественным показателям: запасы подземных вод, истощение, загрязнение и соответствие состояния подземных вод требованиям действующих норм, правил и стандартов к качеству питьевых

подземных вод и прогнозирование этих изменений под влиянием природных и техногенных факторов.

Регулярные наблюдения за состоянием геологической среды осуществляются на пунктах государственной опорной наблюдательной сети (ГОНС) в рамках государственного мониторинга водных объектов [1] и включающей в настоящее время около 6 тыс. пунктов (скважин, родников, колодцев и др.), на которых производятся измерения и наблюдения за изменением количественных и качественных показателей текущего состояния подземных вод: уровня, температуры, расхода, химического состава, проявлений экзогенных геологических процессов и изменений гидрогеодеформационного поля.

В основе организации и проведения наблюдений за состоянием водных объектов лежат следующие принципы: комплексность и систематичность наблюдений, согласованность сроков их проведения с характерными гидрологическими ситуациями, определение показателей качества воды едиными методами. Соблюдение этих принципов достигается установлением программ контроля (по физическим, химическим, гидробиологическим и гидрологическим показателям) и периодичности проведения контроля, выполнением анализа проб воды по единым или обеспечивающим требуемую точность методикам.

Схемы комплексного использования и охраны водных объектов разрабатываются в целях: определения допустимой антропогенной нагрузки на водные объекты; определения потребностей в водных ресурсах в перспективе; обеспечения охраны водных объектов; определения основных направлений деятельности по предотвращению негативного воздействия вод.

Оценка степени загрязнения может быть проведена с использованием физико-химических и биологических методов. Биологические методы оценки – это характеристика состояния экосистемы по растительному и животному населению. Внедрение в систему наблюдений за качеством воды

гидробиологических методов позволяет выяснить состав и структуру сообществ гидробионтов.

Любая экосистема, находясь в равновесии с факторами внешней среды, имеет сложную систему подвижных биологических связей, которые нарушаются под воздействием антропогенных факторов. Прежде всего, влияние антропогенных факторов, и в частности, загрязнения отражается на видовом составе сообществ и соотношении численности слагающих их видов.

Биологический метод оценки состояния системы позволяет решить задачи, разрешение которых с помощью физических и химических методов невозможно. Рекогносцировочная оценка степени загрязнения по составу бионтов позволяет быстро установить его санитарное состояние, определить степень и характер загрязнения и пути его распространения в экосистеме, а также дать количественную характеристику протекания процессов естественного самоочищения.

Биотестирование – использование биологических объектов (тест-объектов) в контролируемых условиях для выявления и оценки действия факторов (в том числе и токсических) окружающей среды на организм, его отдельную функцию или систему организмов: общей численности организмов, числа видов, общей биомассы, численности основных групп, биомассы основных групп, числа видов в группе, массовых видов и видов-индикаторов сапробности.

В зависимости от целей и задач токсикологического биотестирования в качестве тест-объектов могут применяться различные организмы: высшие и низшие растения, бактерии, водоросли, водные и наземные беспозвоночные и другие.

Подчеркивая всю важность биоиндикационных методов исследования, необходимо отметить, что биоиндикация предусматривает выявление уже состоявшегося или происходящего загрязнения окружающей среды по функциональным характеристикам особей и экологическим характеристикам

сообществ организмов. Постепенные же изменения видового состава формируются в результате длительного отравления водоема, и явными они становятся в случае в случае далеко идущих изменений. Таким образом, видовой состав гидробионтов из загрязняемого водоема служит итоговой характеристикой токсикологических свойств водной среды за некоторый промежуток времени и не дает ее оценки на момент исследования.

С помощью данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) и программных комплексов их обработки можно решать многие важные задачи, в том числе: мониторинга экологического состояния водных объектов, выявления загрязненных участков в результате аварийных сбросов и разливов загрязняющих веществ, источников загрязнений [2].

Использование современных технологий, средств сбора, обработки, хранения и передачи информации позволяет проводить комплексную оценку ситуации и создает основу для принятия разумных решений в процессе хозяйственной деятельности.

С этой целью ведется блок геоинформационной системы (ГИС): водные объекты, гидротехнические сооружения, отстойники промышленных вод и водоохраные зоны.

По космическим снимкам сверхвысокого разрешения можно выявлять малоразмерные источники загрязнения в водоохраных зонах и непосредственной близости от них.

В совокупности с информацией о площадных антропогенных воздействиях в рамках водосборного бассейна обеспечивается получение объективной интегрированной картины использования водосбора и водоохраной зоны, появляется возможность осуществления и планирования водоохраных мероприятий.

Дешифрирование космических снимков с использованием цветовых и яркостных признаков обеспечивает возможность проведения границ раздела «вода-суша», что достигается за счет существующих особенностей отображения водной поверхности. Например, на снимках, в видимом

диапазоне спектра вода имеет более высокий коэффициент поглощения, а значит, водные поверхности отображаются темнее, чем сухопутные [3].

В водной массе многих эвтрофированных водоемов присутствует значительное количество взвешенных органических и минеральных частиц, что приводит к различным значениям коэффициента отражения от акваторий водных объектов, а также внутри водной массы одного водоема, «размыванию» береговой линии.

Для мониторинга могут быть использованы космические снимки сверхвысокого пространственного разрешения (0,5–1 м). К ним относятся данные со спутников WorldView-1,2; GeoEye; Pleiades-1A1B; QuickBird; Ikonos и ряда других [4].

Методика обработки материалов съемки включает в себя анализ особенностей энергетических характеристик этих объектов и фона, полуаналитические подходы восстановления содержания биологических и химических компонентов на основе известных и вновь полученных соотношений между гидрооптическими показателями и актинометрическими характеристиками вод.

Для дешифрирования прибрежной территории водоемов, рек и выявления техногенных объектов более целесообразно использовать мультиспектральную съемку. Для работы с данными материалами применяются различные методы дешифрирования – от разделения объектов по прямым, косвенным дешифровочным признакам до разделения по спектральным каналам с использованием контролируемой и неконтролируемой классификации. Таким образом проводится обследование изменения береговой линии рек в пределах населенных пунктов; обнаружение расположения отстойников промышленных вод; определение сброса стоков; отслеживание поведения взвешенных частиц в водных массах рек (рис. 1).

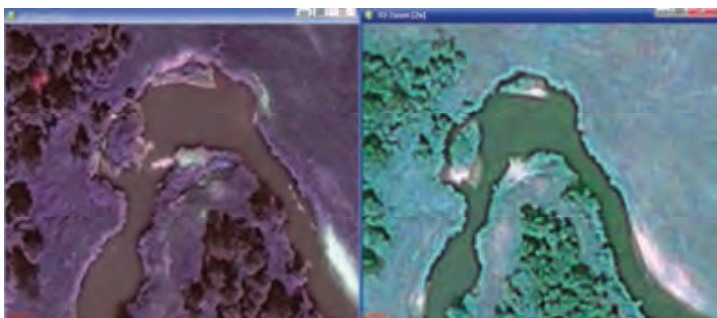


Рисунок 1 Мониторинг изменения береговой линии реки по разновременным снимкам

Для определения контура водных объектов, собственно береговой линии, используется панхроматическая съемка. Как показала практика, снимки со спутников ALOS и «Ресурс-ДК1» по охвату территории дают объективную и вполне достоверную информацию на территорию обследования с выделением водоемов, вплоть до мелких по размеру акваторий.

Комплексное использование съемки высокого разрешения в сочетании с применением различных методов дешифрирования позволяет наиболее достоверно выявить техногенные объекты и источники загрязнения воды. Признаком наличия сброса сточных вод являются отстойники хозяйственно-бытовых стоков. Объекты располагаются непосредственно в месте поступления сточных вод. Отстойники на снимках имеют четко выраженную площадную форму, чаще всего их размеры не превышают 5 га. По периметру отстойников, биопрудов создается обваловка, объект на снимке имеет четкую геометрическую выраженность (рис. 2).



Рисунок 2 Изображение отстойников на снимке спутника Pleiades

Для отслеживания возможного распространения загрязняющих веществ в акватории водоемов используется метод классификации мультиспектральных изображений. Применение таких данных не просто позволит, например, обнаружить ферму в зоне водосбора, но и даст возможность оценить интенсивность ее функционирования, обнаружить места складирования отходов и тальвеги, по которым загрязненные стоки устремляются в водоем. Это же относится к другим объектам – промышленным и канализационным стокам, местам несанкционированного складирования жидких отходов всех видов и другим локальным источникам загрязнения.

Параллельно проводится обязательное полевое сравнение результатов дешифрирования космических снимков. Во время полевых выездов собираются эталоны спектральных характеристик различных генетических типов водных объектов, характерных для территории исследований. Увеличение числа дешифровочных эталонов в ходе дальнейших полевых исследований территории позволяет создавать все более детализированные тематические карты с более достоверной информацией.

Ведение ГИС водных объектов обеспечивает объективную интегрированную картину состояния водных акваторий, водосборов и водоохраных зон, а также дает возможность осуществлять прогнозы и планировать природоохранные мероприятия.

Библиографический список

1. Постановление Правительства РФ от 10 апреля 2007 г. № 219 «Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов».
2. **Злобина Т. Г.** Создание ГИС водных объектов по материалам космической съемки. «Геоматика»; № 3, 2013 – с. 33-36.
3. **Фокина Н. А.** Изменение береговой линии по данным снимков космических систем ДЗЗ. Строительство и техногенная безопасность, 2010 – Выпуск 33-34 – с. 304-312.
4. **Абросимов А. В.** Использование данных ДЗЗ из космоса для мониторинга водных объектов /А. В. Абросимов, Б. А. Дворкин // Геопрофи. — 2009 – №5. – с. 40-45.

ПРОГНОЗ ПЕРЕФОРМИРОВАНИЙ БЕРЕГОВ И ДНА ПРИ НАПОЛНЕНИИ БОГУЧАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОХРАННОСТИ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Маркин В.Н. к.т.н., доц.

ФГБОУ ВО РГАУ МСХА – им. К.А.Тимирязева
Институт природообустройства им. А.Н.Костякова

Шабанов В.В. д.т.н, проф.

ФГБОУ ВО РГАУ МСХА – им. К.А.Тимирязева
Институт природообустройства им. А.Н.Костякова

Часть 1

Введение

Прогноз переформирования берегов и дна водохранилищ при их наполнении необходим для решения многих задач. В частности, от переформирования дна водохранилища во многом зависит «сохранность» археологических объектов. Размытие этих участков навсегда нарушает порядок расположения артефактов и существенно снижает ценность археологического объекта. Покрытие наносами сохраняет начальное расположение артефактов, что делает возможным, в дальнейшем, изучение этого археологического объекта.

Кроме того, сама возможность прогнозирования переформирования дна (невидимая часть) по данным наблюдений за изменением видимой части (контур береговой линии), дает широкие возможности использования беспилотных летательных аппаратов и спутников, для прогнозирования чрезвычайных ситуаций.

Прогноз переформирования берегов можно сделать по методике, изложенной в ВСН 163-83, которая позволяет определить размыв берегов водохранилищ, сложенных нескальными породами, под действием ветрового волнения.

Энергия волн приводит к обрушению берегового склона. Часть материала разрушения формирует пологую береговую отмель, другая часть уносится в водохранилище. Образующаяся отмель увеличивает

сопротивление продвижению волны, что ослабляет волновую энергию и снижает ее разрушающую силу. Поэтому со временем процесс берегоразрушения затухает, что позволяет при неизменяющихся условиях эксплуатации водохранилища, установить предельное положение берегов.

Пример расчета

Профиль устойчивой береговой отмели состоит из двух участков. Верхнего криволинейного участка, простирающегося от уреза воды до глубины H , равной глубине размывающего действия расчетной волны h_0 . Нижнего прямолинейного участка, простирающегося от глубины H до глубины $H+D$ (рис. 1), где D - сработка уровня водохранилища за период, свободной от льда воды.

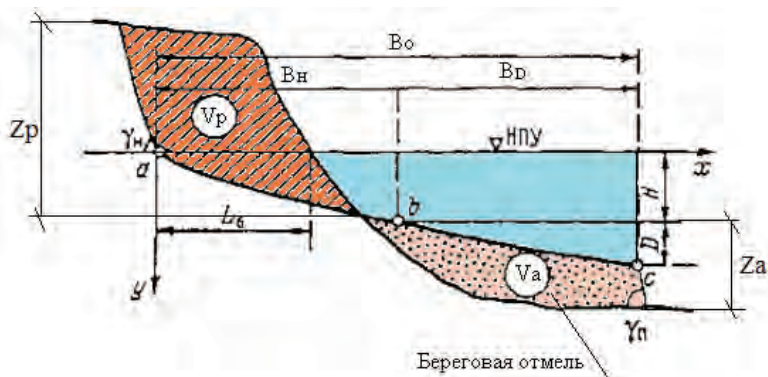


Рис. 1. Схема переформирования берега и его основные элементы.

V_p - объем разрушения; V_a - объем аккумуляции; B_0 - ширина береговой отмели; H - глубина размывающего действия волны при НПУ; D - сработка уровня воды в водохранилище; γ_n - угол наклона надводного склона берега; γ_n - угол наклона внешнего склона береговой отмели; L_0 - смещения линии берега.

Протяженность криволинейного участка B_H и прямолинейного участка B_D вычисляется по уравнениям:

$$x = k \cdot y^2 + (1/m_n) \cdot y. \quad (1)$$

$$B_H = k \cdot H^2 + (1/m_n) \cdot H \quad (2)$$

$$B_D = D \cdot [2 \cdot k \cdot H + (1/m_n)]. \quad (3)$$

Сумма величин B_H и B_D представляет собой полную ширину устойчивой береговой отмели B_0 :

$$B_0 = B_H + B_D \quad (4)$$

Коэффициент k вычисляется по формуле:

$$k = (m_n - m_0) / (20 \cdot m_n \cdot m_0), \quad (5)$$

где m_n - уклон пляжа (линии профиля в точке уреза); m_0 - уклон отмели (линии профиля на условной глубине).

Значения m_n и m_0 определяются исходя из фракционного состава грунтов разрушаемого берегового склона (рис.2).

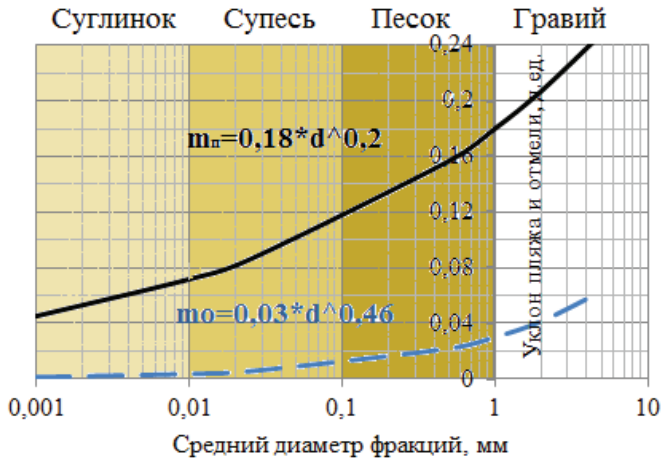


Рис.2 Значения m_n и m_0 для разных по фракционному составу грунтов

Глубина размывающего действия волны H определяется в зависимости от расчетной высоты волны h_0 и крупности донных наносов на внешнем крае береговой отмели (рис.3).

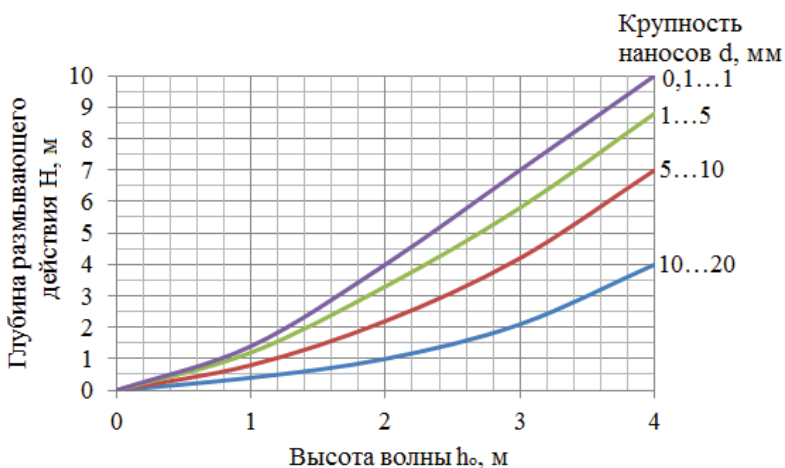


Рис. 3. Зависимость глубины размывающего действия волны (H , м) от высоты волны (h_o , м) при различной крупности донных наносов (d , мм).

Заложение подводного берегового склона $tg\gamma_n$ рекомендуется принимать равным 0,5 (рис. 1). Заложение надводного берегового склона $tg\gamma_n$ не следует брать более пологим, чем уклон берега в естественном состоянии. В предварительных расчетах, и при отсутствии гидрогеологических данных $tg\gamma_n$ рекомендуется брать: для сыпучих легко размываемых грунтов равным 0,5, а при наличии прослоек из связных и полускальных пород - 1,0.

Положение профиля устойчивой отмели относительно начального берегового склона определяется путем графического совмещения этих профилей при соблюдении условия:

$$\chi = V_a / V_p, \quad (6)$$

где V_a - объем аккумуляции; V_p - объем разрушения начального берегового склона; χ - коэффициент аккумуляции, равный отношению содержания в материале разрушения фракций $d \geq 0,05$ мм.

Предельное смещение линии берега L_6 равно расстоянию между точками уреза воды при расчетном уровне для исходного профиля и профиля соответствующего положению устойчивой береговой отмели.

Графическое совмещение начального профиля берегового склона и расчетного профиля позволяет получить первое приближение, для которого определяются значения: объем разрушения V'_p ; объем аккумуляции V'_a ; смещение береговой линии L'_6 . и коэффициент χ' , который сравнивается с требуемым значением (для предварительных расчетов - 0,7). Если требуемое и полученное значение не совпадают, то для значения L'_6 вводится поправка ΔL_6 :

$$\Delta L_6 = (\chi \cdot V_p - V_a) / (\chi \cdot Z_p - Z_a) \quad (7)$$

где Z_p - превышение высшей точки контура над низшей в контуре разрушения; Z_a - превышение высшей точки контура над низшей в контуре аккумуляции V_a (рис. 1).

Конечное смещение береговой линии L_6 , объемы разрушения и аккумуляции исправляются:

$$\begin{aligned} L_6 &= L'_6 - \Delta L_6 \\ V_p &= V'_p - \Delta L_6 \cdot Z_p; \quad V_a = V'_a + \Delta L_6 \cdot Z_a \end{aligned} \quad (8)$$

Помощью полученной величины L_6 расчетный контур обрушения смещается для получения окончательного профиля берега.

Исходные данных для прогноза изменений рельефа дна в ложе водохранилища

Расчеты берегоразрушения в результате создания Богучанского водохранилища проведены с целью прогноза состояния мест представляющих археологическую ценность. Расчеты проведены для высоты волны 1 и 3м, которые использовались и в расчетах ОАО Ленгидропроект, что соответствует расчетным условиям волны 10 и 1% обеспеченности. Исходные топографические и геологические данные взяты из [Проект «Спасательные археологические исследования (раскопки) и рекогносцировочные раскопки в зоне затопления БогЭС в 2012 г.» Научный отчет..., 2012].

Основные характеристики археологических объектов представлены в таблице 1 схема расположения мест раскопок показана на рисунке 4.

Табл.1

Характеристика мест археологических раскопок.

№ п/п	Место	Отложения	Угол естественного откоса, град		Уклон рельефа, град.
			сухого	Мокрого	
1	Стоянка Ручей Акимов 1	Супесь	40	15	50
2	Стоянка Ката 1	Рыхлые отложения	30	25	9
3	Стоянка Ката 2	Супесь Суглинок.	40	15	1
4	Поселение Деревня Ката	Песок	25	20	1
5	Стоянка, могильник Усть-Ката 2	Супеси	40	15	1
6	Стоянка Усть-Ката 3	Супеси Песок	25	15	2
7	Стоянка Усть-Ёдарма 2, поселение Деревня Ёдарма	Супесь Суглинок Песок	28	15	5
8	Стоянка Остров Лиственничный	Суглинок Песок.	40	20	1
9	Стоянка, могильник Сосновый мыс	Песок Супесь	28	15	3
10	Стоянка Остров Каменный 1	Супесь Песок	40	15	0
11	Стоянка Усть-Талая	Супесь	40	15	0
12	Стоянка Ручей Дубинский 1	Супесь	40	15	1
13	Стоянка Отико 2	Супесь	40	20	1
14	Стоянка Усть-Займка	Супесь Суглинок	40	20	5
15	Поселение Деревня Березова	Супесь	40	20	0
16	Могильник Отико 1	Супесь Суглинок Песок	30	20	6

17	Поселение Деревня Чернова	Супесь	40	15	2
18	Стоянка Усть-Жевакан	Суглинок Супесь	40	15	1
19	Стоянка Остров Каменный	Супесь	40	15	14
20	Стоянка Остров Каменный	Супесь	40	15	11
21	Стоянка Усть-Зелинда 1	Супесь	40	15	9
22	Стоянка Усть-Зелинда 2	Супесь	40	15	14
23	Поселение Деревня Мартынова	Супесь Песок Суглинок	40	15	5
24	Стоянка Усть-Половинная	Суглинок	40	20	8
25	Стоянка Остров Ватакина	Супесь Песок	25	20	
26	Стоянка Усть-Еловка 3	Суглинок	40	20	3
27	Поселение Деревня Кеуль	Супеси	40	15	1
28	Стоянка Усть-Верея 1	Супеси	40	15	60
29	Стоянка Усть-Верея 2	Супесь	40	15	60
30	Стоянка Остров Сосновый Тушамский	Песок	25	20	23
31	Стоянка Усть-Тушама 1	Песок	25	20	2
32	Стоянка Усть-Тушама 2	Супеси Песок	28	15	3
33	Стоянка Усть-Верхняя Быковая 2	Супеси	40	15	60
34	Стоянка Усть-Большая Яросама 1	Суглинок	40	20	3

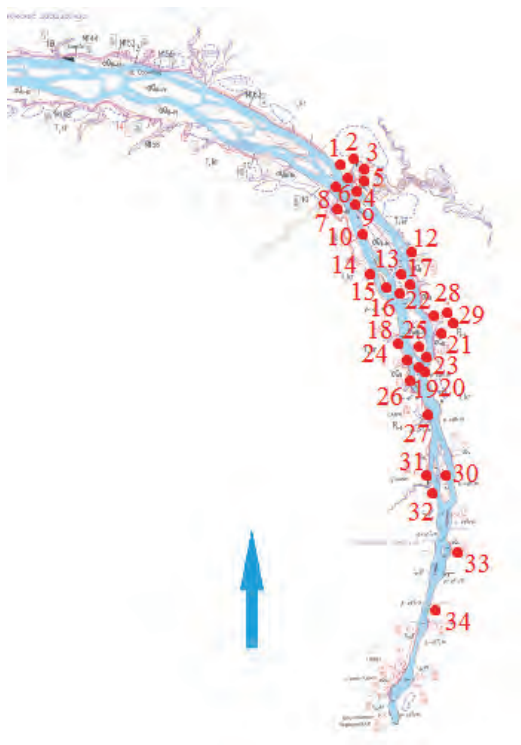


Рис.4 Схема расположения мест археологических раскопок.

Часть 2

Прогноз берегоразрушения в местах археологических раскопок

Могильник Усть-Ката 2

Объект археологического наследия Стоянка, могильник Усть-Ката 2 расположен в Иркутской области, в Усть-Илимском районе, дислоцируется на правом берегу р. Ангара, на левом берегу р. Ката. Абсолютные высотные отметки территории: 190-222 м. Проведенные расчеты показывают, что могильник Усть-Ката 2 частично расположен в зоне разрушения. За 10 летний период, существенного влияния на захоронение оказано не будет. За 100 летний промежуток времени около 60% объекта будет размыто до глубины 9 м. Около 30% попадает в зону береговой отмели и будет засыпано слоем до 11 м (рис.5).

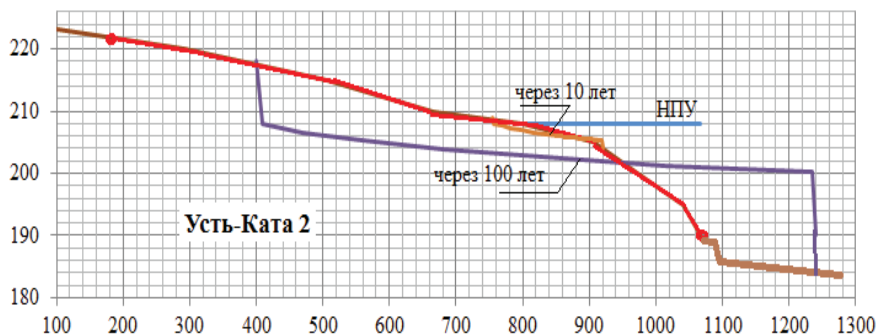


Рис. 5 Расчетные профили берега для участка раскопок Усть Ката 2, при высоте волны $h_{1\%}$, (эквивалент разной продолжительности воздействия).

Стоянка - Деревня Ката

Объект археологического наследия, русское старожильческое поселение XVII-XX вв. Поселение Деревня Ката расположен в Иркутской области, в Усть-Илимском районе в 92 км от бьефа плотины Усть-Илимской ГЭС, на правом берегу р. Ангара, на левом берегу р. Ката. Абсолютные высотные отметки территории: 187-191 м (рис.6).

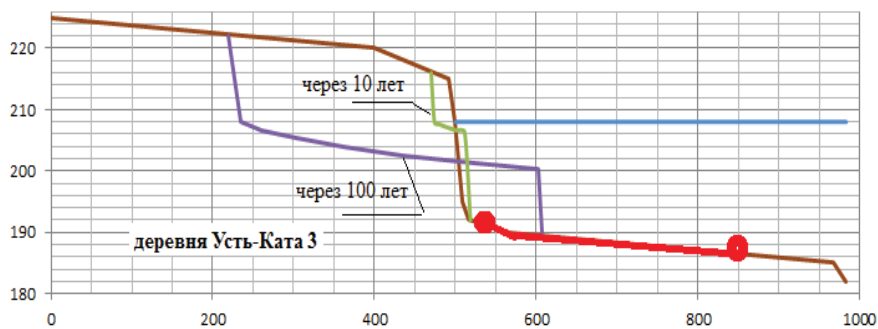


Рис. 6 Расчетные профили берега для участка раскопок деревня Ката, при высоте волны $h_{1\%}$, (эквивалент разной продолжительности воздействия).

Деревня Ката частично расположен в зоне формирования береговой отмели. Процессы берегоразрушения затронут ее за период превышающий 10 лет. За 100 летний промежуток времени около 23% объекта будет засыпано береговой отмелью слоем до 10 м.

Стоянка Усть-Ёдарма 2, поселение Деревня Ёдарма

Стоянка Усть-Ёдарма 2 находится в Усть-Илимском районе Иркутской области, в 100 км ниже г. Усть-Илимска, по левому берегу р. Ангары на правобережном приустьевом мысу левого ее притока - р. Ёдармы. Деревня Ёдарма вытянута вдоль ангарского берега более чем на 500 м. Отметки абсолютных высот 186 ... 193 м. Деревня Едарма частично расположен в зоне формирования береговой отмели. Процессы берегоразрушения скажутся только за 100 летний период (через 60 лет после наполнения) около 17% объекта будет засыпано береговой отмелью слоем до 8 м (рис.7).

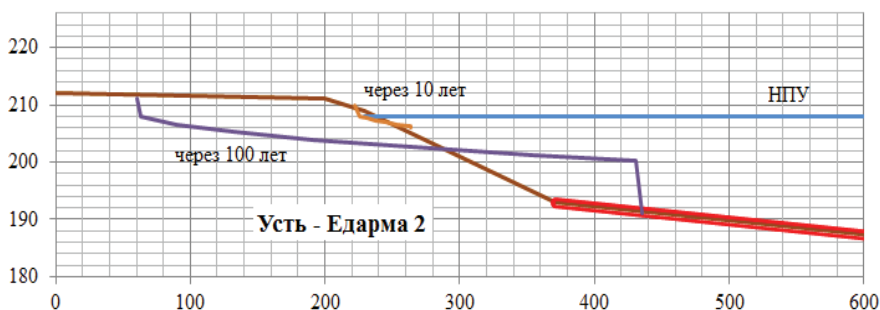


Рис. 7 Расчетные профили берега для участка раскопок деревни Едарма, при высоте волны $h_{1\%}$, (эквивалент разной продолжительности воздействия).

Стоянка, могильник Сосновый мыс

Памятник находится в Северном Приангарье, в долине р. Ангары, на о. Сосновый, нижней его оконечности, в Усть-Илимском районе Иркутской области, в 28 км ниже по течению от д. Кеуль. Абсолютные отметки местонахождения 188 - 208 м. Высота над урезом воды 8 - 20 м. В границы археологического памятника входит вся нижняя часть острова. Северо-восточная граница проведена от нижнего мыса по правому берегу острова, имеет протяженность - 570 м. Юго-восточная граница проходит от правого берега острова до левого берега, ее протяженность - 280 м. Северо-западная граница проходит от нижней оконечности острова по левому берегу, протяженность - 590 м. Северная граница проходит по нижней оконечности

острова, ее длина - 10 м. Общая площадь памятника составляет 81800 кв.м. Поверхность памятника представляет собой островную террасу (10-12 м высотой), покрытую песчаными дюнами, лежащими поперек длинной стороны острова. Стоянка, могильник Сосновый мыс частично попадает в зону берегоразрушения, но за период превышающий 10 лет. В зоне разрушения около 55% объекта, где произойдет размыв грунта слоем до 8 м. Под береговой отмелью окажется не более 10% объекта, под слоем грунта до 3 м.

Стоянка Ручей Дубинский 1

Археологический памятник Стоянка ручей Дубинский I расположен на левом устьевом участке ручья Балаганный правом притоке Ангары, в 22 км на северо-северо-восток от новой д. Кеуль. В административном отношении объект расположен в Усть-Илимском районе Иркутской области. Отметки высот, к которой приурочен памятник - 198-200 м. Высота над уровнем воды 9 - 12,0 м. С запада памятник ограничен бровкой берегового обнажения Ангары, северная граница имеет естественное ограничение в виде ручья, южная граница проходит по основанию склона террасовидного уступа высотой 18-20 метров, восточная граница проведена условно на расстоянии 40-80 м от берега Ангары и четких, выраженных геоморфологических ограничений не имеет.

Стоянка Ручей Дубинский полностью попадает в зону формирования береговой отмели, через 18 лет. Стоянку засыплет слоем грунта до 3 м.

Стоянка Усть-Заимка

Археологический объект Усть-Заимка расположен на левом берегу р. Ангара, приустьевом мысе левого берега р. Заимка при впадении в р. Ангара. Относится к Усть-Илимскому району Иркутской области. Высота террасовидного уступа, на котором находится памятник, варьируется от 4.50 м до 11.00 м от уреза р. Ангара. Отметки высоты, к которой приурочен памятник – 182... 200 м. Стоянка Усть Заимка полностью попадает в зону формирования береговой отмели, В первые 10 лет 65% территории стоянки покроем слой грунта до 18 м. Через 100 лет стоянка будет полностью засыпана слоем грунта более 20 м.

Стоянка Усть-Зелинда 1

Стоянка Усть-Зелинда-1 располагается в Усть-Илимском районе Иркутской области, в 6,2 км к северо-востоку от д. Кеуль, на левом берегу р. Зелинда. Объект расположен на приустьевом участке террасы, в 100-150 м от северного окончания устьевого мыса, сформированного наносами р. Зелинда и Ангара. Восточная, северная и западная границы проходят по берегам этих рек. Южная граница проходит по подошве более крутого подъема террасы. Площадь памятника имеет значительный подъем к югу (до 1 м подъема на 10 м расстояния). Территория памятника залесена, имеет рельефно выраженные следы промысловой и хозяйственной деятельности современного населения. Абсолютные высотные отметки территории местонахождения - 201-216 м (БСВ). Отметка уреза воды - 191 м. Стоянка Усть Зелинда практически полностью попадает в зону разрушения. Слой разрушения составит в 10 летний период 3...4 м, в 100 летний период до 15 м (рис.8).

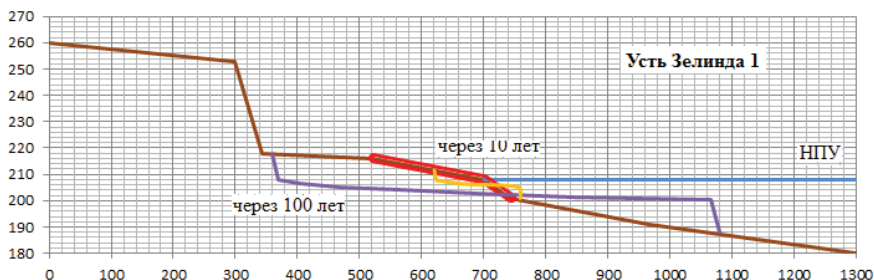


Рис. 8 Расчетные профили берега для стоянки Усть-Зелинда 1, при высоте волны $h_{1\%}$, (эквивалент разной продолжительности воздействия).

Стоянка Усть-Зелинда 2

Стоянка Усть-Зелинда-2 располагается в Усть-Илимском районе Иркутской области, в 6,4 км к северо-востоку от д. Кеуль, на правом берегу р. Ангара, на правом берегу р. Зелинда. Абсолютные высотные отметки территории местонахождения - 205-207 м (БСВ). Отметка уреза воды - 191 м. Объект расположен на приустьевом участке коренной террасы. Южная и западная границы проходят по краю террасы. С севера территория памятника

ограничена естественным оврагом, на востоке - границей распространения культурного слоя, выявленной рекогносцировочными раскопами Е.О. Роговского в 2011 г и проходящей параллельно ангарскому краю террасы на расстоянии 90 м от него. Поверхность памятника имеет значительный подъем к востоку (до 1 м подъема на 5-7 м расстояния). Территория памятника покрыта молодым лесом, имеет рельефно выраженные следы промысловой и хозяйственной деятельности современного населения, в виде остатков землянки в центре западной части памятника, следов значительных перекопов и нарушений, фиксируемых по ангарскому краю террасы на расстоянии до 15 м. Стоянка Усть Зелинда 2 полностью попадает в зону размыва. Слой разрушения составит в 100 летний период составит 2 м.

Поселение Деревня Мартынова

Административно деревня Мартынова дислоцируется на правом берегу о. Ватакина, по течению Ангары, ближе к верхней оконечности острова, в 58,5 км на северо-северо-восток от нижнего бьефа плотины Усть-Илимской ГЭС. Относительные гипсометрические отметки 6-7 и 10-12 м, абсолютные высотные отметки - 198-200 и 204-206 м на двух выделенных участках соответственно. Площадь объекта после проведенных спасательных работ 2012 г. осталась без изменений и составила 42181 м². На сегодняшний день территория деревни представляет собой открытое безлесное, покрытое высокой травой пространство, без каких либо признаков наличия строений. Стоянка деревня Мартынова полностью попадает в зону размыва. Размывающее действие 1% волны может привести к смыву размываемых грунтов слоем 4,5 м.

Стоянка Усть-Веря 1

Памятник Усть-Веря 1 располагается в Усть-Илимском районе Иркутской области, в 45 км северо-восточнее г. Усть-Илимск. Он располагается на высокой террасе правого берега р. Веря в ее устьевой части. Абсолютные высоты - 210-218 м (БСВ). Относительные отметки от уреза р. Ангары составляют 11-20 м. Стоянка Усть Веря 1 попадает в зону размыва. Возможный слой размытого грунта составит от 3,5 до 10 м.

Стоянка Усть-Тушама 2

Объект находится в Иркутской области, в Усть-Илимском районе. Дислоцируется на левом берегу Ангары, на левом приустьевом участке р. Тушама (левый приток Ангары), в 40,3 км на северо-северо-восток от нижнего бьефа плотины Усть-Илимской ГЭС. Памятник Тушама-2 расположен на левом берегу р. Тушама на надпойменной террасе р. Тушама.

Стоянка Усть Тушама 2 частично попадает в зону переработки берегов. Около 60% площади расположено в зоне возможного размыва. Слой размываемого грунта, за столетний период, ожидается до 2 м.

Стоянка Остров Лиственничный

Остров Лиственничный находится вблизи административной границы с Красноярским краем, на Като-Ёдарминском (р. Ката – правый приток Ангары, р. Ёдарма – левый приток Ангары) участке долины Ангары. В административном отношении местонахождение расположено в Иркутской области, Усть-Илимском районе. Местонахождение находится в 88 км на север от нижнего бьефа плотины Усть-Илимской ГЭС. Абсолютные высотные отметки 189-190 м. Относительные отметки 4-5 м от уреза воды. Нижняя часть острова имеет более низкие гипсометрические отметки. В оконечности острова береговой уступ не более 2-3 м.

Стоянка остров Лиственничный попадает в зону размывающего действия волны. Которая в 100 летнем периоде может привести к смыву размываемых грунтов слоем до 1м.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Частично пропадают в зону возможного размыва: Могильник Усть-Ката 2, Деревня Ката, Деревня Едарма, могильник Сосновый мыс, Стоянка Усть Тушама 2.
2. Полностью входят в зону возможного размыва: Стоянка Ручей Дубинский 1. Стоянка Усть Заимка, Стоянка Усть Зелинда1, Стоянка

Усть Зелинда 2, Стоянка деревня Мартынова, Стоянка Усть Верея 1, Стоянка остров Лиственничный.

3. Существенным разрушениям в течение 10 летнего периода подвергнутся: могильник Усть-Ката 2, Деревня Ката, Деревня Едарма, Стоянка, могильник Сосновый мыс, Стоянка Ручей Дубинский 1, Стоянка Усть Зелинда 2, Стоянка - остров Лиственничный. Стоянка Усть Заимка - в первые 10 лет размыву подвергается 65% территории.
4. Существенные разрушения в течение 100 летнего периода ожидаются для мест: Стоянка Усть Зелинда1, Стоянка деревня Мартынова, Стоянка Усть Верея 1, Стоянка Усть Тушама 2.
5. Организацию системы мониторинга Богучанского водохранилища следует развивать с учетом существующей системы наблюдений. Данный вид контроля является частью системы мониторинга водных объектов, предназначенные для идентификации типа, оценки динамики русловых процессов, оценки и прогноза негативного воздействия вод и антропогенной деятельности на процессы формирования русла, планирования природоохранных мероприятий и мероприятий для сохранения археологических памятников.
6. Структура мониторинга включает несколько уровней исследования: обзорный (выполняемый системами космического зондирования в различных диапазонах спектра); обоснование использование средств наземного инструментального мониторинга для детального изучения проблемной зоны намеченной на первом уровне; инструментальный или наземный (осуществляется наземные исследования с детальной съемкой деформируемой поверхности с использованием наземной съемки, GPS устройств (пространственное разрешение десятки сантиметров).
7. Мониторинг осуществляется в местах археологических исследований, на прямолинейный участках водохранилища и поворотах, в заливах и в местах до и после впадения крупных притоков и других местах возможного и интенсивного протекания деформационных процессов.

Места контроля могут быть выявлены с помощью объекта аналога (например братского водохранилища).

8. Средства мониторинга включают: авиакосмическое зондирование; эхолотная съемка с плавающих средств; наземная съемка (визуальная и инструментальная); расчетные средства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ВСН 163-83. Учет деформаций речных русел и берегов водоемов в зоне подводных переходов магистральных трубопроводов (нефтегазопроводов).
2. Проект «Спасательные археологические исследования (раскопки) и рекогносцировочные раскопки в зоне затопления БогЭС в 2012 г.» Научно-технический отчет по договору № 50/50-12 на выполнение научно-исследовательских и охранно-спасательных работ между обществом с ограниченной ответственностью Альфарекон» (ООО «РСК Альфарекон») и институтом археологии и этнографии сибирского отделения Российской Академии наук (ИАЭТ СО РАН) В 2 томах. Новосибирск, 2012г.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ДНА И БЕРЕГОВ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Шабанов В.В. д.т.н, проф.

ФГБОУ ВО РГАУ МСХА – им. К.А.Тимирязева
Институт природообустройства им. А.Н.Костякова

Маркин В.Н. к.т.н., доц.

ФГБОУ ВО РГАУ МСХА – им. К.А.Тимирязева
Институт природообустройства им. А.Н.Костякова

Серьезной проблемой на территории России является изменения морфологических характеристик водных объектов, в частности водохранилищ. Это влияет на использование водохранилищ и освоение территорий прилегающих к ним. В зонах опасного разрушения берегов в России находится 450 населенных пунктов [Постановление Правительства РФ от 19 апреля 2012 г. № 350]. Основными последствиями разрушения берегов являются: выведение из землепользования значительных площадей сельскохозяйственных и лесных угодий и их застройка; развитие оползневой опасности на застроенных территориях; развитие мелководных зон и ухудшение состояния водохранилищ. Отложение наносов, в частности формирование береговой отмели при обрушении берегов водохранилища снижает его полезный объем.

Данные деформации, в русле реки и на ее пойме, могут быть обратимыми и необратимыми. Последние ведут к изменению русла и поймы в результате протекания естественных процессов и деятельности человека, что необходимо учитывать при организации и проведении мониторинговых исследований водных объектов. Основные требования, к которому могут быть сформулированы следующим образом.

- Постоянство контроля и охват больших территорий.
- Оперативность и достоверность, на фоне относительной простоты и снижения трудоемкости.

Выполнение предъявляемых требований обеспечивается разными видами контроля.

1. **Рекогносцировочный контроль** (цель - анализ общего состояния водных объектов и прилегающих территорий).
2. **Режимный контроль ситуации** (цель - выявление проблемных зон, путем анализа происходящих изменений и отклонений от естественных процессов).
3. **Детальное обследование** (цель – детальный анализ проблемных участков).
4. **Прогностический контроль.** Это вид мониторинговых исследований, основанный на постоянно действующих моделях водной системы. Он позволяет, путем моделирования, выявлять потенциально опасные участки, прогнозировать возможные пути развития ситуации, выявлять случаи недопустимого отклонения от норм.

Методы мониторинга основаны, главным образом, на наблюдениях за изменением отдельных элементов водных экосистем, что имеет недостатки [Баренбойм, Веницианов, Данилов-Данильян, 2009], в том числе, наблюдениями охвачено ограниченное количество водных объектов и их участков.

Это приводит к тому, что проблемные экологические зоны и очаги риска часто не попадают под постоянный контроль. Преодоление недостатков связано с развитием расчетных методов, когда прогнозируются варианты развития ситуации при разных сценариях протекания естественных процессов и антропогенной деятельности. Основными задачами расчетного мониторинга (по Голованову А.И. и Шабанову В.В.) являются [Шабанов, Маркин, 2015]:

- своевременное выявление изменений;
- оценка данных изменений, прогноз и выработка рекомендаций по предупреждению и устранению последствий негативных процессов;
- информационное обеспечение при рациональном использовании водных объектов, контроль их использования и охрана.

Достоинствами расчетного мониторинга являются:

1. возможность оценки развития процесса;

2. применимость для анализа и прогноза развития, как эволюционных, так и антропогенных процессов;
3. исследование возможных ситуаций при изменении условий антропогенной нагрузки и климата;
4. гибкая система, адаптируемая к изменяющимся потребностям, которая позволяет пользователям извлекать, анализировать и критериально оценивать данные, обеспечивая многоцелевой анализ.

Использование расчетных методов в мониторинге деформационных процессов основано на комплексных исследованиях: гидрологических, морфологических, гидрометеорологических, геологических для изучения режимов водного объекта и его водосбора. При этом осуществляется прогнозирование изменений состояния дна и берегов по количественным и качественным показателям. Общая схема мониторинговых исследований русловых процессов включает этапы:

- 1) начальный – обеспечивает информационную базу на начало заполнения водохранилища (фоновый этап);
- 2) текущий контроль – осуществляется в процессе эксплуатации водохранилища.

Прогноз русловых процессов, в том числе отложений наносов в водохранилищах, проводится разными методами, среди которых методы: аналогии, вероятностного и детерминированного моделирования.

Метод аналогии заключается с переносе результатов исследований с одного объекта на другой. При этом оба объекта должны иметь сходные характеристики: геологические, гидрологические, гидрометеорологические, морфологические и морфометрические. Так, в силу расположения на реке Ангаре, отдельные участки Братского водохранилища (криволинейные и прямолинейные) можно использовать в качестве аналогов похожих участков Богучанского водохранилища (рис.1). Используя метод аналогии, сделан прогноз формирования донных отложений по литологическому типу в Богучанском водохранилище (рис. 2).

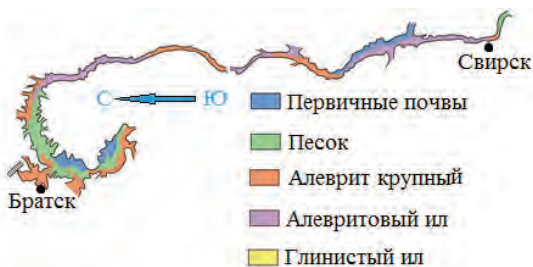


Рис.1. Схема литологических типов донных отложений Братского водохранилища [http://rudocs.exdat.com/docs/index-212957.html?page=3].

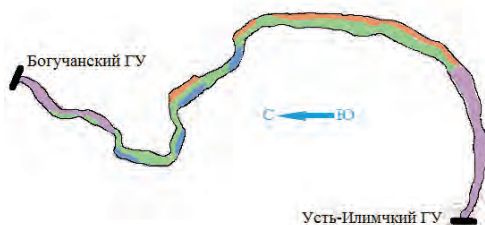


Рис. 2. Прогноз формирования литологических типов донных отложений в Богучанском водохранилище (обозначения на рис.1).

Вероятностный прогноз деформационных процессов использует статистические и стохастические модели. Первые используют выражения описывающие изменение величины в зависимости от ее обеспеченности и трендовые линии (рис. 3).

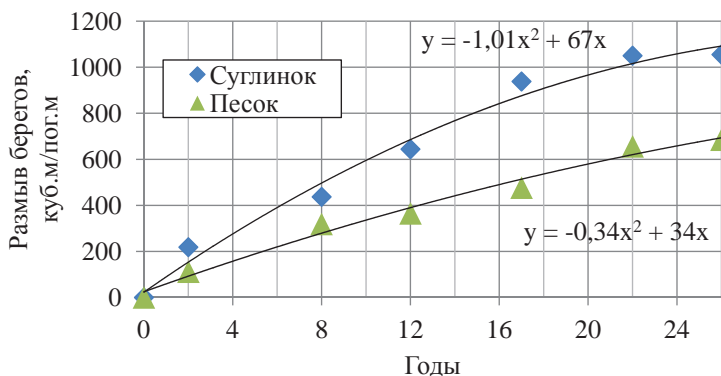


Рис. 3 Статистические зависимости изменения объемов размыва берегов Чебоксарского водохранилища, сложенных суглинком и песком, во времени.

Стохастическое моделирование применяется для прогноза гидрологических величин: расходов, уровней воды, скоростей течения, параметров волн и др. [Определение... ; Пшенникова ...; Дегтярева ...]. Нашли применение модели основанные на использовании теории Марковских процессов [Бик И. ван, Лаукс П., 2009]. В этом случае для описания процесса, например, транспорта наносов строятся матрицы переходных вероятностей $|P_{ij}|$, объединяющие корреляции временных последовательностей.

Величина P_{ij} , представляет собой вероятность перехода системы из состояния i в состояние j (например, вероятность того, что концентрация взвешенных веществ равная C_τ на момент времени τ , к моменту $\tau+1$ станет равной $C_{\tau+1}$). В данном случае имеет место неоднородный Марковский процесс, для которого строятся матрицы переходных вероятностей для каждого расчетного интервала времени равного, например, месяцу или сезону года). На рисунке 4 показан прогноз изменения концентраций взвешенных веществ в течение года при заданном начальном состоянии (начальная $\tau=0$ матрица состояния $|C_{01}=50\text{кг/с}, C_{02}=400\text{кг/с}|$). На момент времени $\tau+1$ концентрации определяются путем перемножения матрицы состояний $|C|_\tau$ на матрицу переходных вероятностей:

$$|C_{i,j}|_{\tau+1} = |C|_\tau \times |P_{ij}|_{\tau+1}$$

Матрицы переходных вероятностей, например для 1, 4, 7 и 10 месяцев, имеют следующий вид:

$$|P_{i,j}|^1 = \begin{vmatrix} 0,84 & 0,16 \\ 0 & 1 \end{vmatrix} \quad |P_{i,j}|^4 = \begin{vmatrix} 0,50 & 0,50 \\ 0,35 & 0,65 \end{vmatrix}$$

$$|P_{i,j}|^7 = \begin{vmatrix} 0,79 & 0,21 \\ 0,11 & 0,89 \end{vmatrix} \quad |P_{i,j}|^{10} = \begin{vmatrix} 0,82 & 0,18 \\ 0,29 & 0,71 \end{vmatrix}$$

На рисунке 4 показан результат прогноза изменения расходов веществ в течение года.

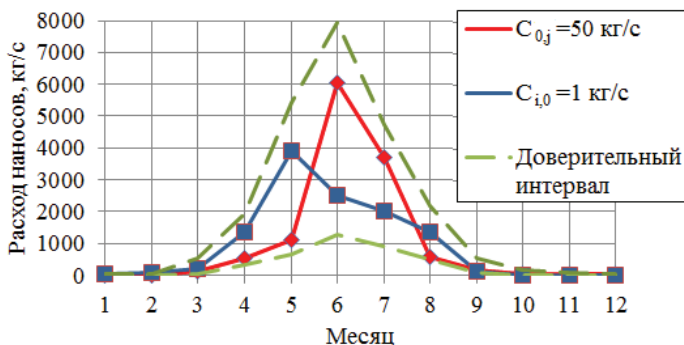


Рис. 4 Прогноз изменения среднемесячных расходов наносов р. Нарын при начальном состоянии $|C_{i,j}|^0 = |1 \quad 50|$, кг/с.

Стохастическая зависимость позволяет получать количественную картину изменения среднемесячных расходов наносов

Детерминированный прогноз переформирования берегов водохранилища, в первом приближении, можно сделать по методике ВСН 163-83, для условий размыва берегов водохранилища, сложенных нескальными породами, под действием ветрового волнения. На рисунке 6 показан результат прогноза размыва берега Богучанского водохранилища в створе поселка Ката [Шабанов, Маркин, 2015] за период 10 и 100 лет. Зона размыва составляет 140м (через 10 лет) и 540м (через 100лет). Береговая отмель формируется в, соответственно, в пределах 20...280м.

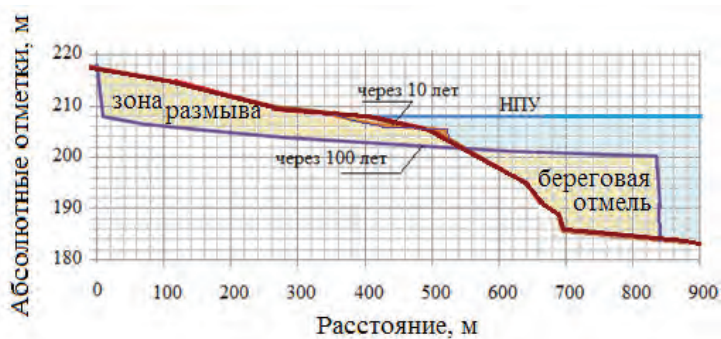


Рис. 6 Прогноз размыва берега в районе поселка Ката 2 за 10 и 100 лет.

Интенсивность размыва значительно изменяется по годам.

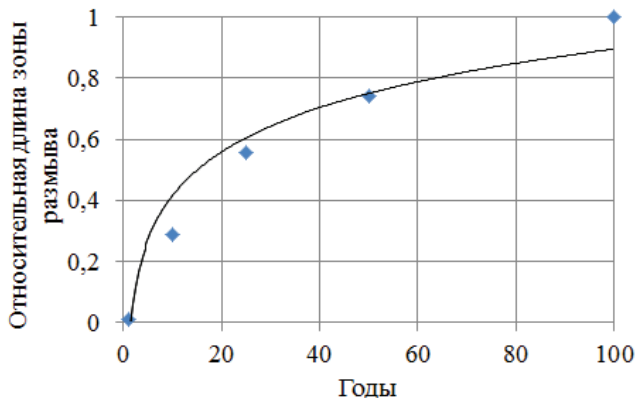


Рис. 7 Изменение интенсивности размыва берега Богучанского водохранилища в районе поселка Ката 2 по годам.

Контроль параметров деформационных процессов, полученных прогностическим путем, зависит от скорости их протекания. Так, для медленно протекающих процессов контроль возможен периодически раз в год после прохождении половодья.

Все типы процессов отслеживаются с помощью съемки с летательных аппаратов, плавающих средств снабженных эхолотической аппаратурой, наземными средствами контроля и средствами расчетного мониторинга.

Расчетный мониторинг расширяет информационную базу для принятия управляющих решений при возникновении или угрозе возникновения негативного проявления природный или антропогенных процессов, позволяя:

1. своевременно выявлять изменения состояния водного объекта;
2. делать оценку и прогноз происходящих изменений;
3. разрабатывать рекомендации по предупреждению и устранению негативных последствий.

Внедрение расчетного мониторинга связано с разработкой методов математического моделирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баренбойм Г.М., Веницианов Е.В, Данилов-Данильян В.И. Некоторые научно-технологические проблемы проектирования, создания и функционирования систем мониторинга водных объектов. Оценка современного состояния. Вода: химия и экология, 2009, №10, 11.
2. Шабанов В.В., В.Н.Маркин/ Ведение мониторинга водных объектов в современных условиях: монография./- М.: РГАУ-МСХА, 2015. С.150.
3. ВСН 163-83. Учет деформаций речных русел и берегов водоемов в зоне подводных переходов магистральных трубопроводов (нефтегазопроводов).
4. Определение расчетных характеристик гидрометеорологического режима моря и литодинамических процессов. <http://rudocs.exdat.com/docs/index-39178.html?page=20>
5. Пшенникова Н.А. Закономерности образования донных отложений в соленых озерах Баргузинской впадины (опыты физико-химического моделирования) <http://conf.nsc.ru/youngconf-2011/ru/reportview/49389>
6. Дегтярева Е. Е. Математическое моделирование транспорта донных отложений с учетом гидродинамических процессов <http://www.gramota.net/materials/1/2013/1/15.html>
7. Бик И. ван. Планирование и управление водохозяйственными системами. Введение в методы, модели приложения. Монография /И. ван Бик, П. Лаукс; перевод с англ. под ред. М.В. Селеверстовой. –М.: Юстицинформ, 2009.-С.660
8. Маркин, В.Н. Статистический анализ и стохастическое моделирование стока наносов.

**Оценка техногенной нагрузки на водные объекты по загрязненности
донных отложений**

Н.В. Коломийцев, кандидат геолого-минералогических наук, доцент

Т.А. Ильина, кандидат биологических наук

Б.И. Корженевский, кандидат геолого-минералогических наук

Е.Н. Гетьман

*ФГБНУ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ ИМЕНИ А.Н. КОСТЯКОВА», г. Москва, Россия*

Донные отложения наиболее адекватно отражают современное состояние водных объектов и несут информацию об их загрязнении вследствие инженерно-хозяйственной деятельности на данной территории. Вследствие своих высоких сорбционных свойств, они рассматриваются в качестве интегрального индикатора техногенной нагрузки на реку, водохранилище или озеро. Последние методические разработки изучения донных отложений были в начале 80-х – 90-х гг. XX века и сегодня уже не отвечают современным требованиям к изучению песчано-глинистых дисперсных систем. При этом часто вовлекаются в исследования весьма неоднородные донные отложения, что приводит часто к получению несопоставимых результатов. На основании многолетнего опыта (1992 – 2012 гг.) предложена методика изучения донных отложений водных объектов, основанная на изучении загрязненности «сорбирующей фракции» - 0,020 мм. Рассмотрены результаты изучения донных отложений рек бассейна Оки, рек бассейна Москвы, детальные исследования участка слияния рек Оки и Москвы, на примере озера Селигер показана возможность применения данной методики для прогнозирования изменения экологического состояния с учетом динамических процессов (циркуляции вод).

The aquatic sediments most adequately reflect the current state of water bodies and carry information about their pollution due to engineering and economic activities in the area. Due to their high sorption properties, they are considered as an integral indicator of anthropogenic impact on the river, reservoir or lake. Recent

methodological developments studying sediments were at the beginning of the 80s - 90s. The twentieth century and today is no longer meet modern requirements to the study of sand and clay dispersed systems. This often involved in research is very heterogeneous sediments, which often leads to the production of non-comparable results. Based on many years of experience (1992 - 2012) the technique of studying the aquatic sediments based on a study of pollution "absorbing fraction" - 0.020 mm. The results of the study of sediment basin rivers the Oka and the Moskva, detailed site investigation confluence of the Oka and the Moskva, the example of the lake Seliger, illustrates the possibility of using this technique to predict the changes in the ecological status in view of dynamic processes (water circulation).

Введение. Комплексное использование водных объектов требует изучения их экологического состояния и оценки уровня техногенной нагрузки. В настоящее время на территории Российской Федерации практически нет водных объектов, не затронутых хозяйственной деятельностью человека, качество которых соответствовало бы нормативным требованиям. Практически для всех техногенно развитых территорий в аквальных ландшафтах идет формирование литогеохимических аномалий в донных отложениях (ДО). Спецификой этих аномалий является тонкодисперсный состав осадков, их повышенная пластичность, иногда желеобразная консистенция, наличие частиц техногенного происхождения, маслянистость, специфический запах (нефтяной, сероводородный, фекальный и пр.). ДО вследствие своих высоких сорбционных свойств накапливают весь комплекс загрязнителей. Они могут служить интегральным индикатором техногенной нагрузки на водный объект.

Следует также отметить, что оценка техногенной нагрузки и экологического состояния поверхностных водотоков только на основе данных о составе и концентрациях загрязнителей в воде и во взвешенном веществе не может быть корректной без специальных режимных наблюдений из-за сильных флуктуаций расходов воды, концентраций взвешенных и растворенных веществ в течение года. В этой ситуации важнейшим источником информации о

состоянии водных систем становится загрязненность ДО. По сравнению с гидрохимическими и гидробиологическими исследованиями изучение ДО требует значительно меньших затрат, поскольку нет необходимости в организации ежегодных режимных наблюдений. Например, в Германии при проведении экологического мониторинга для выявления тенденции в изменении загрязнения реки периодичность отбора проб ДО составляет 3 – 5 лет. На сильно и чрезмерно загрязненных участках периодичность отбора проб сокращается до 1 – 2 лет. Результаты исследования загрязненности ДО водных объектов позволяют установить наиболее неблагоприятные в экологическом отношении участки и скорректировать состав и объем гидрохимического и гидробиологического мониторинга.

Методология исследований. Программы отбора проб ДО по каждому водному объекту составляли в зависимости от целей и масштаба исследований. Водный объект разбивали на серию створов в зависимости от детальности исследований, цели и поставленных задач. Наиболее благоприятным сезоном для отбора проб ДО следует считать период с июля по октябрь (летне-осенняя межень).

На первых этапах (мелкомасштабные исследования) оценка экологического состояния рек Окского бассейна и Верхней Волги велась без учета конкретных предприятий загрязнителей. Створы располагали следующим образом: 1) один створ до города, промзоны или сельскохозяйственной территории и один створ после; 2) один створ до притока, один створ в устьевой части притока и один створ после впадения притока. Створы ниже предполагаемого источника загрязнения назначались в зоне полного смешения сточных и поверхностных вод. В каждом створе отбирали 1 – 2 пробы в зависимости от гидрологических характеристик и их особенностей на данном участке водного объекта. В простых случаях – одна проба, в сложных – две, по одной у каждого берега. При оценке экологического состояния озера Селигер створы были приурочены к конкретным территориям по берегам, местам впадения притоков или сбросам сточных вод. Главным требованием при контроле качества проб является исключение их загрязнения в процессе отбора,

транспортировки и хранения. Для упаковки проб ДО, предназначенных для определения тяжелых металлов, применяли пластиковые пищевые пакеты, их хранили в бытовом холодильнике.

Известно, что верхние 3 - 5 см ДО характеризуют загрязненность водного объекта за последние 3 - 12 месяцев [1]. При исследовании распределения загрязняющих веществ по поверхности и для определения уровня загрязненности в текущий момент пробы отбирали из поверхностного слоя ДО. Для отбора проб ДО применяются различные системы пробоотборников. Общим требованием к пробоотборникам является исключение влияния их материала на загрязнение металлами проб ДО. Нами был использован пробоотборник рейферного типа. Взятую пробу помещали в широкогорлую пластиковую посуду, гомогенизировали и распределяли по пакетам для каждого вида исследований: на загрязненность тяжелыми металлами, органическими веществами и т.п.

Подготовка проб к анализам. Учет различий проб ДО по механическому составу является основополагающим методическим принципом, позволяющим не только оптимизировать количество проб в соответствии с гидрологией водного объекта, но и минимизировать финансовые затраты на проведение мониторинга экологического состояния данного водного объекта. При традиционных исследованиях, когда анализируется только валовое содержание элементов в пробах, как правило, получается пятнистая незакономерная картина загрязнения [2, 3]. В смежных точках обора на локальных участках содержание тяжелых металлов может отличаться в несколько раз, либо может отмечаться обратная картина загрязнения, а именно: «По длине исследуемого участка Волги наблюдается плавный рост содержания ТМ в ДО, начиная от Волгограда. Максимумы на кривых распределения приходятся на участки, где усиливаются процессы седиментации и накопления илистых фракций. Распределение ТМ в ДО в поперечном сечении реки на всех створах также зависит главным образом от типа грунта: содержание ТМ резко возрастает при переходе от песков к суглинкам.» [4, стр. 461].

В данных выводах отражено изменение гидродинамики потока и изменение суммарной удельной поверхности частиц ДО, а не загрязнение ДО тяжелыми металлами или техногенная нагрузка на реку. Известно, что концентрация взвешенных веществ или загрязнителя по потоку от места сброса уменьшается по экспоненциальной зависимости. Концентрации загрязняющих веществ, переносимых рекою (например, от Волгограда), по всем законам гидравлики должны уменьшаться по мере удаления от источника. Рост концентраций «возможен» лишь вовлечении в выборку или при сравнении ДО различных по механическому составу. Для корреляции механического состава из проб ДО нами выделялась «сорбирующая фракция» размером менее 0,020 мм. Таким способом отобранные на различных участках водного объекта пробы приводились к *«общему знаменателю»*. Данная фракция практически полностью состоит из высокодисперсных глинистых минералов, оксидов марганца и железа, органического вещества, обладающих максимальными сорбционными свойствами. Выбор фракции менее 0,020 мм в качестве *«общего знаменателя»* обусловлен также и тем обстоятельством, что ее содержание в паводковых седиментах на поймах может достигать 70 и более процентов [5].

В широко известных работах Аттерберга [6] по изучению физических свойств фракций механических элементов в качестве весьма существенной границы принята величина 0,020 мм. Фракции мельче этой величины проявляют свойства глины. Позже пытались доказать, что глинистые свойства присущи частицам мельче 0,010 мм. Однако последующие работы это не подтвердили, поэтому границы 0,020 мм и 0,010 мм представляются довольно условными. Фракции мельче этих величин часто в грунтоведении и почвоведении именуется фракциями «физической глины». В настоящее время в ФРГ и других странах ЕС промышленно выпускаются стандартизированные по DIN лабораторные нейлоновые сита с размером ячеек 0,020 мм. Использование этих сит для выделения фракции мельче 0,020 мм существенно упрощает методику подготовки проб ДО к анализам.

Выделение фракции менее 0,020 мм проводили мокрым просеиванием. Фракции выпаривали и высушивали до воздушно-сухого состояния в сушильных шкафах при температуре не выше + 60° С. Для корректировки результатов анализов определяли гигроскопическую влажность воздушно-сухих образцов. Полученные фракции делили на три части: 1) для определения содержания тяжелых металлов, фосфора и мышьяка, 2) для определения минералогического состава, органического углерода и карбонатов и 3) для контроля.

Лабораторные исследования. Определение концентраций тяжелых металлов в пробах ДО проводили атомно-адсорбционным методом и методом ИСП после их разложения в «царской водке». Для контроля качества реагентов готовили «нулевой» раствор кислот; для дополнительного контроля некоторые образцы приготавливали различными по концентрации, используя различные навески. Также для внешнего контроля использовали стандартные образцы с известными концентрациями химических элементов.

Минеральный состав ДО является одним из главных факторов, определяющих их сорбционную способность, гидрофильность и ионный обмен. Определение минералогического состава ДО проводили в специализированной лаборатории геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Оценка техногенной нагрузки. Оценка степени загрязнения ДО тяжелыми металлами представляет собой сложную проблему. Ранжирование тяжелых металлов в ДО по степени экологической опасности осуществляется в разных странах и научно-исследовательских центрах по-разному. Не останавливаясь на детальном обзоре всех существующих способов оценки экологического состояния или загрязненности водного объекта, отметим главное. В России наибольшее распространение получила оценка загрязнения почв и ДО тяжелыми металлами по *суммарному показателю загрязнения (Zc или СПЗ)* [7, 8]. Он является количественной мерой ассоциации химических элементов и представляет собой аддитивную сумму превышений коэффициентов концентрации над единичным фоновым уровнем. В этом

показателе суммируются все элементы, входящие в геохимическую ассоциацию, без подразделения на классы опасности. Одна и та же степень загрязнения по Z_c может быть вызвана различной комбинацией химических элементов. Дальнейшее сравнение и интерпретация таких результатов являются весьма проблематичными и неоднозначными.

С 1992 года нами ведется изучение экологического состояния водных экосистем в бассейне Верхней Волги. В качестве базовой методики была взята семизвенная система классификации ДО по «индексу геоаккумуляции» Г. Мюллера [1]. В течение почти 30 лет она находит широкое применение в Германии [9, 10]. «Индекс геоаккумуляции» характеризует относительную кратность загрязнения ДО относительно природного фона во фракциях $< 0,020$ мм по К. Тюрекиану и К. Видеполу [11].

Результаты и их обсуждение. Изучение загрязнения ДО водных объектов для целей охраны окружающей среды было начато в 1992 году. В самом начале эти исследования были мелкомасштабными и носили оценочный характер. В период с сентября 1992 г. по июль 1994 г. были проведены 3 экспедиции и отобрано 270 проб ДО реки Оки и её основных притоков. Главное внимание было уделено оценке загрязненности данных проб ТМ: Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb и Zn. При этом была использована выше описанная методика оценки техногенной нагрузки на речные экосистемы. Результаты этих работ частично опубликованы [12], а в данной статье они могут быть кратко резюмированы как следующие: 1) загрязнение ДО от умеренного до сильного и даже чрезмерного зафиксировано на участках: река Ока ниже г. Орла; река Упа ниже г. Тулы; река Москва ниже г. Москвы; река Клязьма ниже г. Щелково до г. Владимира; 2) ДО на выше перечисленных участках в наибольшей степени загрязнены кадмием.

В дальнейшем крупномасштабные исследования проводились в бассейне реки Москвы. Река Москва является третьим по длине и водности притоком Оки. Один из самых неблагоприятных в экологическом отношении в бассейне

участок охватывает часть бассейна от г. Москвы до устья. Наибольшее загрязнение донных отложений ТМ характерно для рек Москвы и Пахры.

Основное внимание было уделено устьевому участку реки Москвы. Исследования загрязненности ДО на этом участке проводились в 1993, 1997 и 2007 годах по сгущенной сетке. Они позволили оценить процесс вторичного загрязнения водной среды Оки вследствие взмучивания и переноса загрязненных ДО, которые сформировались вблизи устья реки Москвы. При впадении р. Москвы в р. Оку формируется структура потока, характерная для мест слияния крупных водотоков. Потоки р. Оки и р. Москвы до их слияния существенно деформируются, при этом образуются зоны с различными скоростями течения. В данном случае фарватеры течения перемещаются к правым берегам обеих рек, а застойные зоны возникают у левых берегов. Наиболее обширная зона застойного течения расположена на р. Оке до слияния с р. Москвой. В таких зонах, как правило, происходит резкое изменение характера гидро- и биохимических процессов по сравнению с обычными участками реки: возникает дефицит кислорода, возрастают окисляемость и БПК, снижается значение рН. Длина этого участка р. Оки составляет до 1,2 км [13]. На этом участке отбирались по 2 пробы ДО для характеристики состояния собственно реки Оки.

Ниже впадения р. Москвы в русле р. Оки формируется водоворотная зона шириной до 92 м и длиной до 985 м. Расстояние от конца водоворотной зоны до сечения с относительно выровненной эпюрой скоростей составляет примерно 2700 м [13]. На этом участке отбирались 6 проб ДО, которые характеризовали качество ДО у левого и правого берегов.

По определению Всемирной организации здравоохранения свинец, кадмий, ртуть, цинк являются самыми опасными тяжелыми металлами в природной среде. Поэтому здесь приводятся некоторые данные именно по этим ТМ. Из результатов исследований (таблица) видно, что загрязненность ДО реки Москвы выше в 2 – 3 раза, чем загрязненность ДО реки Оки.

Таблица – Концентрации (мг/кг) тяжелых металлов во фракции < 0,020 мм донных отложений проблемного участка (слияние рек Оки и Москвы)

Pb, мг/кг		Cd, мг/кг		Hg, мг/кг		Zn, мг/кг		Cu, мг/кг	
р. Москв а	р. Ока	р. Москв а	р. Ока	р. Москв а	р. Ока	р. Москв а	р. Ока	р. Москв а	р. Ока
81,19	27,34	3,40	1,22	0,53	0,22	460,8	157,6	108,0	41,9
71,51	25,60	2,82	1,00	0,71	0,15	430,8	158,5	98,1	37,8
р. Ока после впадения р. Москвы (вниз по течению)									
Левый берег	Правы й берег	Левый берег	Правы й берег	Левый Берег	Правы й берег	Левый берег	Правы й берег	Левый берег	Правы й берег
90,47	38,10	3,12	1,52	0,77	0,18	507,8	216,7	116,40	55,91
53,81	40,99	2,40	1,59	0,39	0,30	345,3	255,3	84,67	66,07
46,10	41,78	2,25	1,67	0,29	0,26	282,2	262,5	76,89	65,24

В водоворотной зоне у левого берега Оки откладываются высоко дисперсные ДО с повышенным содержанием ТМ. ДО этой зоны не населены никакими моллюсками, тогда как их развитие у правого берега – повсеместно. Наличие большого количества моллюсков иногда создает сложности при отборе ДО. Загрязненность ДО водоворотной зоны аналогична и даже несколько выше загрязненности ДО в устье реки Москвы. Левый берег более загрязнен, т.к. воды реки Москвы продолжают существовать отдельным потоком внутри Оки, они прижаты ее более скоростным потоком. Вследствие этого сближение концентраций ТМ в ДО начинает происходить на расстоянии 4 км от впадения реки Москвы (средние точки в правой части графиков) у окружного моста трассы Москва – Рязань (автомагистраль М5), после водоворотной зоны. А практическое их выравнивание происходит только на расстоянии 12 км. Такая картина наблюдается по всем изученным ТМ.

Среди всех водных объектов следует особо выделить озера. Озера – это аккумулирующие природные системы с замедленным водообменом, что

отличает их от рек и других водотоков. В качестве объекта исследования было выбрано озеро Селигер, являющееся естественным регулятором стока Верхней Волги. Исследования загрязненности ДО озера проводились в 2000 и 2004 годах. Озеро Селигер расположено в Тверской области на Валдайской возвышенности. Оно имеет сложную лопастную конфигурацию, расчленено на многочисленные плесы, соединенные между собой протоками различной длины и ширины. Каждый плес характеризуется своими собственными гидрохимическими условиями и имеет собственный гидрологический режим, что находит отражение и в разнообразии ДО [14]. Это позволило в рамках одного природного объекта изучить практически весь спектр озерных ДО данной природно-климатической зоны.

Опыт работ 2000 года показал, что ДО озера Селигер по минералогическому составу вполне соответствует продуктам размыва ледниковых отложений [15]. ДО характеризуются однородным минеральным составом, но существенно различаются по гранулометрическому составу и содержанию органического вещества. Эти различия определяют разную адсорбционную и реакционную способность осадков, что подтверждается существенными вариациями значений их удельной поверхности. Поэтому и при исследовании ДО озера Селигер нами был использован тот же методологический подход «приведения проб ДО к общему знаменателю», описанный выше.

При прогнозировании возможных изменений экологического состояния экосистем озера под воздействием техногенных факторов необходимо учитывать особенности динамических процессов. В период гидрологического лета, когда на озере устанавливается устойчивая циркуляция вод, развитие течений определяется непосредственным воздействием ветра на его поверхность [16]. Весь широкий спектр течений с его изменчивостью формируются на фоне крупномасштабной циклонической циркуляции [16], а лопастная конфигурация озера Селигер способствует ее усилению. По данным

авторов [14] решающую роль в формировании течений в Городском плесе играют северо-западный и юго-западный ветры.

Нами были рассмотрены изменения концентраций ТМ по ходу преобладающих течений при этих ветрах. Для свинца, цинка и кадмия проследить какие-либо закономерные изменения затруднительно, что объясняется многочисленностью и разнообразием источников этих ТМ: маломерный флот, турбазы, автомобильный транспорт и др., а также близкими к фоновым значениями. Иным образом дело обстоит с загрязнением ДО хромом. Максимальное поступление хрома в ДО идет в основном из одного источника – промзоны Осташкова (Городской плес, западная часть). Распределение концентраций хрома в ДО по ходу основных течений носит вполне закономерный характер [17]. Наличие постоянного, сильного источника хрома и системы течений в Городском плесе создают опасность загрязнения рекреационных зон озера Селигер, которые, казалось бы, удалены на достаточно большое расстояние от него.

Выводы. Выделение из ДО фракции менее 0,020 мм в качестве «*общего знаменателя*» и использование **игео**-классов для оценки загрязненности ДО значительно упрощает сравнительный анализ экологического состояния различных водных объектов. Это позволяет: корректно (адекватно) проследить тенденцию изменения его за любой временной интервал (месяцы-годы); изучать процессы перераспределения загрязнения в ДО по течению, а также до и после слияния рек с различной загрязненностью ДО; решать экологические задачи различной сложности; сравнивать загрязненность ДО водных объектов в нашей стране с аналогичными показателями в других странах (например, в Германии); наглядно представлять результаты исследования в виде графиков, карт-схем; и, наконец, не «утонуть» в обилии и многообразии цифрового материала. Выделение данной фракции позволяет не только описывать и определять неблагоприятные в экологическом отношении места, но и объяснять формирование геохимических аномалий в ДО акваторий, удаленных на большие расстояния от источника. На примере озера Селигер показано, что

формирование таких аномалий хорошо согласуется с особенностями гидродинамики озера (с наличием устойчивых течений при преобладающих ветрах).

Библиографический список

1. Mueller G. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins - Veraenderungen seit 1971 // Umschau 79, 1979, N.24, S. 778 - 783.
2. Алексинская Л.Н. Геохимическая характеристика бассейна р. Оки на участке гт. Орла - Рязани. – М.: ИМГРЭ, 1993.
3. Янин Е.П. Техногенные геохимические ассоциации в донных отложениях малых рек (состав, особенности, методы оценки). – М.: ИМГРЭ, 2002. – 52 с.
4. Бреховских В.Ф., Катунин Д.Н., Островская Е.А., Перекальский В.М., Попова О.В. Процессы переноса и накопления тяжелых металлов на Нижней Волге // Водные ресурсы, 1999, том 26, № 4, с. 451 - 461.
5. Яшин В.М., Пыленок П.И. Мониторинг загрязнения пойменных агроландшафтов в среднем течении р. Оки при паводках // Вопросы мелиорации, 2001, № 5 - 6.
6. Воронин А.Д. Основы физики почв. – М.: Изд-во МГУ, 1986. - 244с.
7. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саев др. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
8. Саев Ю.Е., Янин Е.П. О комплексном составе техногенных гидрохимических аномалий // Водные ресурсы, 1991, № 2, с. 135 - 140.
9. Die Elbe und ihre Nebenfluesse - Belastung, Trends, Bewertung, Perspektiven // Dr. A. Prange etc., 2000, p.18 - 23.
10. Mueller G., Furrer R. Pollution of the River Elbe - Past, Present and Future // Water Quality International, 1998, Vol. 1, p. 15 - 18.
11. Turekian K.K., Wedepohl K.H. Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust // Geological Society of America, Bulletin, 1961, Vol. 72, p. 175 - 192.
12. Коломийцев Н.В., Райнин В.Е., Ильина Т.А., Зимица-Шалдыбина Л.Б., Мюллер Г. Исследования загрязненности донных отложений как основа мониторинга состояния водотоков // Мелиорация и водное хозяйство, 2001, № 3, с. 11 - 15.
13. Техногенное загрязнение речных экосистем / В.Н. Новосельцев и др. Под ред. В.Е. Райнина и Г.Н. Виноградовой. – М.: Научный мир, 2002. – 140 с.
14. Косов В.И., Иванов В.Н., Иванов Г.Н., Косова И.В. Сравнительная геохимическая оценка качества воды в различных плесах озера Селигер // Актуальные проблемы водохранилищ (Тезисы докладов Всероссийской конференции 29 октября – 03 ноября 2002 г., Борок, Россия). – Ярославль: ИБВВ РАН, 2002. – с. 145 - 146.
15. Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Ильина Т.А., Аверкина Т.И., Самарин Е.Н., Иванов Г.Н., Мюллер Г., Яхья А. Загрязнение водных экосистем озера Селигер тяжелыми металлами // Мелиорация и водное хозяйство, 2004, № 5, с. 43 - 46.
16. Филатов Н.Н. Динамика озер. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 166 с.
17. Коломийцев Н.В., Ильина Т.А., Киселева О.Е., Иванов Г.Н. Тяжелые металлы в донных отложениях озера Селигер // Мелиорация и водное хозяйство, 2006, № 5, с. 21 - 25.

МИКРОПЛАСТИК В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ: ОПАСНОСТИ И МОНИТОРИНГ

В.Д. Казмирук, кандидат географических наук

Институт водных проблем РАН, г. Москва, Россия

Рассмотрены возможные угрозы от нахождения микропластика в водных объектах и методы его определения в донных отложениях. Выполнено обобщение методов отбора проб и особенностей их анализа с целью установления обилия, типа, размера, формы, цвета, стадии деградации, химического состава и возможных источников поступления микропластика.

A possible threat of microplastics to water ecosystems and methods for the detection of microplastics in sediments are considered. The sampling techniques and analytical methods for identification and quantification of microplastics are reviewed. Several main goals for the detection of microplastics were indicated: abundance, type, size, shape, color, degradation stage, chemical composition, and possible sources.

Ежегодно, в результате человеческой деятельности, в Мировой океан поступает от 4,8 до 12,7 миллионов тонн пластика, около 90% которого представлено полиэтиленом, полипропиленом, поливинилхлоридом, полистиролом и полиэтилентерефталатом [1]. Больше всего пластика сбрасывают Китай, Индонезия, Филиппины и Вьетнам. В прибрежной зоне этих стран, а также в районе Индии и образовались основные очаги устойчивого пластикового загрязнения. Кроме того, в результате общей циркуляции океанов и концентрирования пластиковых отходов, сформировались два огромных мусорных пятна, распространяющиеся на сотни километров, в северных частях Тихого и Атлантического океанов [2]. Не секрет, что поля из пластикового мусора возникают и на внутренних водоемах, особенно при нагонных ветрах.

Такие поля мы наблюдали на Иваньковском водохранилище и в Каспийском море [3]. Хорошо известны пластиковые поля на реках Дунай, Сена и Лос-Анджелес.

Микропластиком называют частицы пластика размером <5мм (иногда <1мм), возникающие в результате разложения (деградации и фрагментации) пластмассовых изделий. Сам термин «микропластик» и его роль как загрязнителя окружающей среды были определены только в 2004 г., хотя наличие частиц микропластика на поверхности воды в научной литературе отмечалось еще в 1972 г..

Опасность присутствия микропластика в водной среде имеет несколько аспектов. 1) Многие пластики могут плавать по поверхности воды, создавая пленку, чем меняют структуру воды. 2) Бактерии быстро колонизируют частицы пластика и могут изменять его физико-химические свойства. 3) Пластики редко создаются как чистая субстанция и их разложение, и поступление в окружающую среду продуктов распада (например, фталатов) может быть опасным для животных и человека. 4) Пластики активно сорбируют и могут переносить различные загрязнители, в т.ч. и высокотоксичные тяжелые металлы. 5) Пластики имеют высокий уровень абразивных свойств и могут физически воздействовать на живые организмы. 6) Пластики, которые в обычных условиях не подвержены биодegradации, попадая в другую окружающую среду, особенно морскую, начинают разлагаться под воздействием солнечных ультрафиолетовых лучей, подвержены термической и химической деградации, а уже продукты полураспада становятся доступными для биоты. По данным исследований за последние десять лет, частицы микропластика проникают, переносятся и воздействуют на живые организмы на всех уровнях от молекулярного до популяционного. Известны случаи переноса на микропластике и распространения яиц болезнетворных насекомых [4-7].

Основные исследования загрязнения микропластиком сейчас сосредоточены на морских побережьях, хотя этот загрязнитель уже обнаружен

в значительных количествах во внутриконтинентальных водных объектах (реки Святого Лаврентия, Рейн, Майн, Великие озера, высокогорные озера Италии, крупные озера Монголии). Методы для определения микропластика в настоящее время находятся на стадии становления и апробации [8]. В данной работе мы сфокусируем основное внимание методам определения микропластика в донных отложениях.

Выбор участка отбора проб донных отложений, прежде всего, определяется целями и задачами исследований. Концентрация микропластика в донных отложениях зависит от близости источника его поступления и в прибрежной зоне определяется плотностью исходного материала, соленостью воды, рельефом местности, крутизной берега и пляжной отмели, изрезанностью береговой линии, экспозицией берега по отношению к преобладающим ветрам, направлением и скоростью вдольбереговых течений, гранулометрическим составом донных отложений, наличием локальных препятствий, вызывающих местную циркуляцию воды (валуны, бревна, опоры). На приливных участках ко всему вышесказанному добавляется характер приливо-отливных явлений. По нашим предположениям, при прочих равных условиях, наибольшие концентрации микропластика в приливных зонах следует ожидать в $\frac{1}{4}$ ширины полосы между самым низким и самым высоким приливами. Располагается эта полоса повышенных концентраций выше береговой линии, возникающей при приливе средней обеспеченности. Вызвано это тем, что основным источником поступления микропластика в прибрежную полосу является приповерхностный слой воды из открытого моря (океана), а в силу своей невысокой плотности материала, частицы пластика способны всплывать в соленой воде.

Основными задачами отбора проб и последующего лабораторного анализа являются: оценка обилия, типа, распределения и возможных источников поступления микропластика на данную территорию. Наблюдения за пространственно-временной изменчивостью содержания микропластика в донных отложениях прибрежной полосы имеют несколько подходов. 1) Движение вдоль береговой линии, визуальные наблюдения и отбор всех

пластиковых частиц, которые попали в поле зрения. 2) Отбор проб прибрежных грунтов и донных отложений по определенным методикам. 3) Траление дна путем протягивания донного трала по трансектам. 4) Отбор проб донных организмов с целью дальнейшего определения накопленного ими микропластика. В наших исследованиях мы использовали первый, второй и четвертых из перечисленных подходов. Донными организмами, в которых определялось содержание микропластика были двухстворчатые моллюски-фильтраторы: тихоокеанская устрица (*Crassostrea gigas*), тонкосетчатая прототака (*Protothaca staminea*) и др..

Методика отбора проб грунтов зависит от того, в подводной или надводной частях производится отбор [9, 10]. Выделяются три основных подхода к отбору проб, которые условно можно назвать как селективный, уменьшения объемов и валовый. Селективный метод обычно используется для сбора всех частиц микропластика с фиксированной площади поверхности грунта или выборочно с целью сбора частиц определенного вида. Частицы собираются с помощью пинцета. В пляжной зоне площадь отбора проб чаще всего составляет 0,5×0,5м, 1,0×1,0м, 1,5×1,5м, 2,0×2,0м. Для определения количества микропластика недавнего поступления, слой грунта снимается до глубины менее 1см. В случае необходимости анализа микропластика в зоне насыщения кислородом, слой снимаемого грунта составляет 2-4, реже 5см. Поверхностный слой грунта отбирается шпателем или совочком из нержавеющей стали с целью предотвращения дополнительного загрязнения пробы. Нередко пробы отбирают руками или лопатой. Вес одной валовой пробы, отобранной с площади 0,5×0,5м при глубине слоя 5см составляет около 30 кг.

Отбор проб донных отложений под водой возможен с нарушением или сохранением послойной структуры грунта. Общепринятым способом отбора проб с нарушением структуры грунта является отбор грунтоотборником Петерсона. Площадь захватываемого грунта в этом случае составляет 625см². Чтобы отобрать пробы донных отложений, не нарушая структуру залегания

слоев, используются колоночные грунтоотборники или стратометры. Для мелководной и надводной частей пляжной отмели мы использовали стандартный ручной колоночный грунтоотборник Геологической службы США. Грунтоотборник представляет собой разборную трубу из нержавеющей стали легированной молибденом, с ручками для вдавливания грунтоотборника в грунт и последующего его извлечения. Длина трубы составляет 20 дюймов, ее диаметр 2 дюйма. Легированная молибденом нержавеющая сталь позволяет избежать коррозии и загрязнения проб при работе в агрессивной морской среде. Использование колоночных грунтоотборников дает возможность определить распределение микропластика по глубине толщи грунтов. Для получения необходимого объема пробы и репрезентативных данных необходимо отбирать не менее 3-х колонок грунта на одном участке. Каждая колонка грунта после отбора делится на равные слои толщиной 1-5см [11].

Отобранные пробы грунта предварительно обрабатываются в полевых условиях или хранятся при низких температурах (в замороженном виде) до последующей лабораторной обработки. При отборе валовых проб, перед их замораживанием, следует отделить поровые воды. Для уменьшения объема пробы в полевых условиях, используют просеивание грунта через сита диаметром 5мм или погружение пробы в соленую воду для всплывания частиц микропластика. В последнем случае процесс сепарирования завершается фильтрованием воды с микропластиком через бумажный фильтр, высушиванием и взвешиванием.

Если в полевых условиях разделение минеральных фракций и микропластика не производилось, это разделение осуществляется в лабораторных условиях. Для этого проба грунта размораживается при комнатной температуре, приводится в гомогенное состояние и высушивается в сушильном шкафу (обычно 24ч при температуре 60°C). Затем высушенная проба засыпается в сосуд с водой. Наиболее распространенным методом отделения микропластика от грунта является добавление в воду определенного количества хлорида натрия (NaCl), что позволяет повысить плотность раствора,

в результате чего частицы пластика всплывают на поверхность воды. Плотность раствора NaCl составляет 1,18-2,50г/см³. В дальнейшем проба фильтруется и высушивается. Для упрощения процесса сепарирования микропластика создано несколько экспериментальных установок [12-15].

Плотность основных пластиков варьирует от 0,8 до 1,4г/см³, в т.ч. полипропилена 0,85-0,94г/см³, полиэтилена 0,92-0,97г/см³, тогда как средняя плотность песка составляет 2,65г/см³. Наибольший разброс плотностей характерен для полистирола, которая меняется от <0,05 до 1,00г/см³.

Иногда донные отложения содержат значительное количество органического вещества, состоящего из полуразложившегося растительного опада. Часто это происходит при отборе проб в зарослях высшей водной растительности, мангровых зарослях или в устьевых областях рек, где есть отложения из макрофитов или листового опада. При погружении таких донных отложений в соленую воду, фрагменты растительности всплывают вместе с пластиком и отделить их очень сложно. Для того, чтобы нейтрализовать органическое вещество пробы донных отложений обрабатывают 35% перекисью водорода (H₂O₂).

Микропластик может быть отделен от сопутствующих частиц путем просеивания через сито или каскад сит с отверстиями определенного диаметра. Обычно размер отверстий изменяется от 0,038 до 4,75мм, а каскад включает до шести сит.

Еще одним широко распространенным способом лабораторного анализа проб грунта является визуальная сортировка микропластика по типу, форме, стадии деградации, цвету. Выполняется эта процедура, как без каких-либо вспомогательных оптических приборов, так и с использованием микроскопов 6,5-1000×кратного увеличения, в т.ч. стереомикроскопов (например, Wild M3Z, Leica Microsystems, Германия) или сканирующих микроскопов с выводом изображения на монитор компьютера. Мы использовали микроскоп с фотоприставкой и цифровым фотоаппаратом фирмы Canon, подключенным к компьютеру. Для идентификации химической структуры частиц микропластика

чаще всего используются методы спектроскопии [16]. Сравнение спектров частиц пластика позволяет не только идентифицировать его тип, но и оценить степень его деградации.

Существует несколько классификаций микропластика, самыми распространенными из которых являются деление по цвету, размеру частиц и исходному материалу. Цвет микропластика зависит от цвета исходного материала и степени его деградации. Так изначально прозрачные или чисто-белые частицы, проведя некоторое время в водной среде становятся желто-коричневыми. Цвет также характеризует время пребывания в воде, степень фотодegradации и выветривания. Обычно выделяют белые, выгоревшие (состарившиеся, потускневшие), цветные и черные частицы. Для прозрачных и белых частиц легче определить их возраст и степень разложения, чем для цветных и черных частиц, которые в любом возрасте выглядят примерно одинаково. Прозрачные гранулы обычно состоят из полипропилена, а белые гранулы из полиэтилена. Полиэтилен имеет низкую плотность и непрозрачный цвет, в то время как для этил винилового ацетата характерны чистые, почти прозрачные, частицы. Существует предположение, что обесцвеченные гранулы полиэтилена могут содержать большее количество полихлорированных бифенилов, чем не обесцвеченные гранулы, потому, что процесс обесцвечивания (пожелтения) свидетельствует о более длительном времени пребывания полимеров в воде, что в свою очередь повышает вероятность их окисления. Цветные частицы включают различные пигменты. Как правило эти частицы, а также частицы черного цвета идентифицируются как полиуретан. Черные и потускневшие частицы, состоящие из полистирола и полипропилена, составляют наибольшее обилие частиц микропластика.

Деление пластика по размерам более сложное. Нет общепринятой классификации частиц микропластика. Обычно выделяют 10-11 классов, куда входят, как частицы микропластика, так и более крупные фракции. При выделении 11 классов, частицы с размером $\leq 1\text{мм}$ составляют класс 1; $>1\text{мм}$ - $\leq 2\text{мм}$ – класс 2; $>2\text{мм}$ - $\leq 3\text{мм}$ – класс 3; $>3\text{мм}$ - $\leq 4\text{мм}$ – класс 4; $>4\text{мм}$ - $\leq 5\text{мм}$ –

класс 5; >5мм - ≤6мм – класс 6; >6мм - ≤7мм – класс 7; >7мм - ≤8мм – класс 8; >8мм - ≤9мм – класс 9; >9мм - ≤10мм – класс 10; >10мм – класс 11 [17]. Вторая классификация более адаптирована для анализа частиц микропластика и включает 10 классов: класс 1 – частицы <0,02мм; класс 2 – 0,02-0,04мм; класс 3 – 0,04-0,06мм; класс 4 – 0,06-0,08мм; класс 5 – 0,08-0,1мм; класс 6 – 0,1-0,5мм; класс 7 – 0,5-1,0мм; класс 8 – 1,0-2,0мм; класс 9 – 2,0-5,0мм; класс 10 - >5,0мм [18]. Следует отметить, что самые мелкие частицы очень часто являются продуктом косметической индустрии. Отдельного внимания заслуживают микроволокна, образующиеся в результате разрушения нитей, веревок, канатов и сетей из синтетических полимеров. Хотя формально микроволокна имеют один линейный размер более 5мм – они также относятся к микропластикам. Для идентификации микроволокон полезными могут оказаться методы криминалистики.

В заключение следует отметить, что есть все основания полагать, что в будущем нагрузка от микропластика на окружающую среду будет только возрастать. В связи с этим возникает необходимость разработки системы мониторинга, для того чтобы иметь возможность предвидеть и предотвращать негативные последствия от этого загрязнителя для водных экосистем и здоровья человека. В настоящее время выбор метода исследования микропластика в основном определяется материальными и финансовыми возможностями.

Библиографический список

1. Jambeck J.R. Plastic waste inputs from land into the ocean / Jambeck J.R., Geyer R., Wilcox C., Siegler T.R., Perryman M., Andrady A., Narayan R., Law K.L. // *Science*. - 2015. - № 347 (6223). - P. 768-771.
2. Gross M. Oceans of plastic waste // *Current Biology*. - 2015. - № 25 (3). - P. R93-R96.

3. Бреховских, В.Ф. Донные отложения Иваньковского водохранилища: Состояние, состав, свойства / В.Ф. Бреховских, Т.Н. Казмирук, В.Д. Казмирук. - М.: Наука, 2006. - 176 с.

4. Cole M. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review / Cole M., Lindeque P., Halsband C., Galloway T.S. // *Marine Pollution Bulletin*. - 2011. - № 62. - P. 2588-2597.

5. Ivar do Sul J.A. The present and future of microplastic pollution in the marine environment / Ivar do Sul J.A., Costa M.F // *Environmental Pollution*. - 2014. - № 185. - P. 352-364.

6. Syberg K. Microplastics: Addressing ecological risk through lessons learned / Syberg K., Khan F.R., Selck H., Palmqvist A., Banta G.T., Daley J., Sano L., Duhaimek M.B. // *Environmental Toxicology and Chemistry*. - 2015. - № 34 (5). - P. 945-953.

7. Wright S.L. The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review / Wright S.L., Thompson R.C., Galloway T.S. // *Environmental Pollution*. - 2013. - № 178. - P. 483-492.

8. Eerkes-Medrano D. Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs // Eerkes-Medrano D., Thompson R.C., Aldridge D.C. // *Water Research*. - 2015. - № 75. - P. 63-82.

9. Baztan J. Protected areas in the Atlantic facing the hazards of micro-plastic pollution: First diagnosis of three islands in the Canary Current // Baztan J., Carrasco A., Chouinard O., Cleaud M., Gabaldon J.E., Huck T., Jaffrès L., Jorgensen B., Miguez A., Paillard C., Vanderlinden J.-P. // *Marine Pollution Bulletin*. - 2014. - № 80. - P. 302-311.

10. Hidalgo-Ruz V. Microplastics in the marine environment: A review of used the methods for identification and quantification / Hidalgo-Ruz V., Gutow L., Thompson R.C., Thiel M. // *Environmental Science & Technology*. - 2012. - № 46. - P. 3060-3075.

11. Cluzard M. Intertidal concentrations of microplastics and their influence on ammonium cycling as related to the shellfish industry / Cluzard M., Kazmiruk T.N., Kazmiruk V.D., Bendell L.I. // Archives of Environmental Contamination and Toxicology. - 2015. - № 68. - DOI: 10.1007/s00244-015-0156-5.

12. Claessens M. New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms / Claessens M., Van Cauwenberghe L., Vandegehuchte M.B., Janssen C.R. // Marine Pollution Bulletin. - 2013. - № 70. - P. 227-233.

13. Imhof H.K. A novel, highly efficient method for the separation and quantification of plastic particles in sediments of aquatic environments / Imhof H.K., Schmid J., Niessner R., Ivleva N.P., Laforsch C // Limnology and Oceanography: Methods. - 2012. - № 10. - P. 524-537.

14. Nuelle M.-T. A new analytical approach for monitoring microplastics in marine sediments / Nuelle M.-T., Dekiff J.H., Remy D., Fries E. // Environmental Pollution. - 2014. - № 184. - P. 161-169.

15. Zhu X. Optimization of elutriation device for filtration of microplastic particles from sediment // Marine Pollution Bulletin. - 2015. - № 92. - P. 69-72.

16. Harrison J.P. The applicability of reflectance micro-Fourier-transform infrared spectroscopy for the detection of synthetic microplastics in marine sediments / Harrison J.P., Ojeda J.J., Romero-González M.E. // Science of the Total Environment. - 2012. - № 416. - P. 455-463.

17. Martins J. Plastic marine debris on the Portuguese coastline: A matter of size? / Martins J., Sobral P. // Marine Pollution Bulletin. - 2011. - № 62. - P. 2649-2653.

18. Nor N.H.M. Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems / Nor N.H.M., Obbard J.P. // Marine Pollution Bulletin. - 2014. - № 79. - P. 278-283.

Использование гидродинамической модели Верхнего и Среднего Амура для прогнозирования гидрологической обстановки при прохождении высоких паводковых вод на примере катастрофического паводка 2013 года.

А.Л.Бубер, М.А.Васляев

*ФГБНУ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ имени А.Н. Костякова»*

г. Москва, Россия.

Аннотация

Статья посвящена анализу и оценке изменений русла реки Амур в результате прохождения экстремального паводка 2013 года, разработке и внедрению имитационной гидродинамической компьютерной модели р. Амур с целью подготовки рекомендаций по комплексу защитных и руслоформирующих мероприятий на прибрежной территории Российской Федерации. Особое внимание уделено разработке в среде программы MIKE 11 и внедрению гидродинамической модели Среднего и Нижнего Амура в период прохождения высоких паводковых волн, а также использованию ГДМ для прогноза паводкоопасных ситуаций.

Summary

Article is devoted to the analysis and an assessment of changes of the river bed of Amur River as a result of passing of an extreme flood of 2013, to development and deployment of imitating hydrodynamic computer model of the Amur River for the purpose of preparation recommendations about a complex protective and the actions for formation of the bed river in the coastal territory of the Russian Federation. The special attention is paid to development in the environment of the MIKE 11 program and to introduction of hydrodynamic model (HDM) of the Central and Lower Amur during passing of high flood waves, and also to use of HDM for the forecast development of dangerous flood situations.

1 Река Амур

Река Амур является одной из крупнейших рек мира – средний годовой расход в устье составляет 10800 м³/с. Амур образуется слиянием рек Шилки и Аргуни, впадает через Амурский лиман и Сахалинский залив в Охотское море. Длина реки равна 2824 км, от истока Аргуни – 4440 км. По площади водосборного бассейна среди рек России Амур занимает четвертое место с 1855 км², при этом 1003 тыс. км² приходится на Российскую Федерацию, 820 тыс. км² – на КНР и 32 тыс. км² – на Монголию.

Долина Амура – в основном продукт эрозионных процессов, общее направление которых было обусловлено тектоникой. По особенностям строения речной долины р. Амур принято делить на три, примерно равные по длине части:

- Верхний Амур – от истока до г. Благовещенска (устье р. Зеи);
- Средний Амур – от г. Благовещенска до г. Хабаровска (устье р. Уссури);
- Нижний Амур – от г. Хабаровска до устья (Охотское море).

2 Характеристика и результаты обобщения имеющихся материалов по атмосферным осадкам в бассейне р. Амур

Анализ информации о климатической норме атмосферных осадков исследуемой территории и суммах осадков, выпавших на территории бассейна Амура летом 2013 г. выполнен с использованием данных наблюдений на метеостанциях России, Китая и Монголии, расположенных на территории бассейна и вблизи его границ, имеющиеся в открытом доступе.

В настоящее время в бассейне Амура действует 288 гидрологических постов, причем только на 60% из них определяются ежедневные расходы воды. Продолжительность рядов наблюдений практически увеличилась в два раза. Появилась возможность для изучения стока реки в российской, китайской и монгольской части бассейна реки, для использования результатов исследований специалистов разных стран.

3 Очаги формирования наводнений

Установлено, что в бассейне Амура в последние 115 лет происходит чередование аномально теплых и холодных периодов. На большей части бассейна наиболее холодным оказалось двадцатилетие в начале XX в.

Много внимания в бассейне Амура уделяется изучению опасных гидрологических явлений. Исторически сложившееся размещение объектов хозяйственной инфраструктуры в долинах рек бассейна Амура привело к тому, что наводнения стали наиболее значимым опасным природно-социальным явлением. Доля наводнений в общем объеме ущербов колеблется в регионе от 60 до 100%. При этом нарушается или полностью прекращается функционирование объектов федерального значения.

Наиболее крупные наводнения связаны с формированием ливневых паводков на реках Дальнего Востока в июле и августе. Они обусловлены особенностями влияния восточно-азиатского муссона на климат этой территории. Возникновение летне-осенних наводнений обычно связано с формированием нескольких полярно-фронтовых циклонов или с выходом глубоких тайфунов с акватории Тихого океана на южные районы Дальнего Востока России.

В пределах бассейна Амура существуют четыре региона или очага формирования наводнений Верхнеамурский, Зейско-Буреинский, Сунгарийский и Уссурийский. В каждом из них может сформироваться сток, приводящий к катастрофическим наводнениям. Вероятность их возникновения особенно велика при заходе в бассейн Амура полярно-фронтовых циклонов, для которых характерно не очень интенсивное, но повсеместное выпадение осадков на поверхность речного бассейна. В этом случае паводковые волны возникают одновременно в двух или трех очагах, взаимодействуют, формируя максимальный сток в долине Амура. Одним из критериев безопасности речной сети и гидротехнических сооружений на ней является оценка возможности пропуска высоких половодий и паводков. При этом необходимо определить основные параметры прохождения паводковой волны по русловой части и

пойме реки с последующим указанием зон затопления прилегающих территорий и выработать ряд гидротехнических мероприятий для предотвращения возможных последствий.

4 Способы решения проблемы.

В связи с катастрофическим паводком 2013 года была разработана и внедрена в Амурском БВУ и в ФГУ "Акваинфотека" гидродинамическая модель Среднего и Нижнего Амура (ГДМ р.Амур), которая позволяет на основе Цифровой модели рельефа местности (ЦМР) определить зоны и площади возможного затопления территории, определить влияние проектируемых защитных сооружений на гидравлический режим р.Амур, а также выполнить краткосрочные и среднесрочные прогнозы возникающей гидрологической обстановки [1].

5 ГДМ р.Амур в среде MIKE 11.

Данная статья посвящается проблемам которые могут быть решены при эксплуатации разработанной гидродинамической модели Среднего и Нижнего Амура в период прохождения высоких паводковых волн.

Расчет прохождения высоких паводковых волн и определение зон затоплений выполнены с использованием компьютерной программы MIKE11 [2-4]. Участок моделирования определен следующими границами р. Амур: от с. Черняево (выше на 454 км г. Благовещенск) до устья р. Амур (Охотское море). В модели учтены, как граничные условия, следующие притоки: р. Зея, р. Бурея, р.Сунгари, р.Б.Бира, р. Уссури, р.Тунгуска, р.Гур и р. Амгунь. На рисунке 1 приведена расчетная схема участка моделирования р. Амур и основных ее притоков.

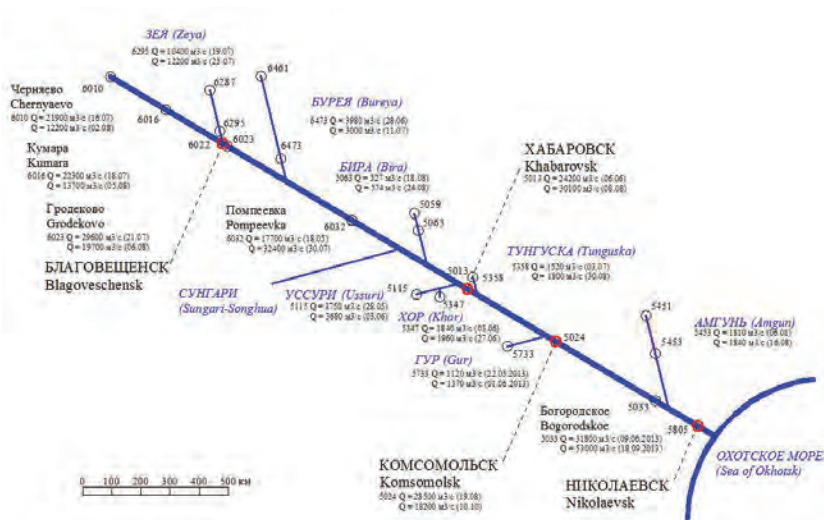


Рисунок 1 – Расчетная схема участка моделирования

6 Назначение и условие применения

ГДМ р. Амур предназначена для определения основных гидравлических параметров (расходов и уровней воды, скоростей и т.д.) при прохождении высоких паводковых волн в условиях различной гидрологической обстановки. Также модель позволяет определять основные параметры гидротехнических сооружений, влияющих на расчетные уровни воды в основном русле и на прилегающей пойме р. Амур. Использование гидродинамической модели позволяет оценить эффективность защитных и прочих существующих и проектируемых мероприятий, связанных с воздействием на русло реки, и их негативный эффект, выбрать оптимальное решение и подход к системе инженерной защиты.

Результаты гидродинамического моделирования позволяют на основе Цифровой модели рельефа местности (ЦМР) определить зоны и площади возможного затопления территории. Для адекватного моделирования гидравлических особенностей водотока в комплексе MIKE 11 существует возможность представления мостов различного типа и расчета условий

истечения открытого потока через них различными методами: мосты арочные, одно- и многопролетные; мосты с плоским пролетным строением, одно- и многопролетные; мосты подтопленные, затопленные и с переливом воды через верх мостового пролета. Программный комплекс позволяет определять пропускную способность мостов и координаты непрерывной линии свободной поверхности руслового потока. В свою очередь среда MIKE 11 позволяет просчитать оптимальную высоту защитных дамб, а так же конфигурацию моста, для наилучшего прохождения паводка. В данной работе в рекомендациях по комплексу защитных сооружений и руслоформирующих мероприятий на прибрежной территории Российской Федерации именно это мероприятие предложено для г. Комсомольск-на-Амуре. Благодаря моделированию возможно проследить поднятие уровней воды в различных створах, а соответственно и запроектировать оптимальную высоту дамбы.

Гидродинамическая модель р. Амур предназначена для эксплуатации в Амурском Бассейновом водохозяйственном управлении в период прохождения высоких паводковых вод. Также модель может быть использована проектными организациями при разработке различных гидротехнических сооружений, влияющих на расходные и уровенные режимы русла и прилегающей поймы р. Амур.

7 Результаты тестирования ГДМ р.Амур

Калибровка модели проводилась на материалах наблюдений высоких паводков 1958, 1972, 1984 и 2013 годов при расходах выше 10000 м³/с. Приток по р. Сунгари был получен вычислительным путем на основе посчитанной в MIKE 11 функции добега от точки впадения р. Сунгари до г. Хабаровск (ГП 5013 г.Хабаровск) и разности расходов на ГП 5013, притока по р. Уссури и модельного расхода в створе ГП 5002 (с. Нагибово).

На рисунке 2 приведены результаты сравнительного анализа между расчетными и наблюдаемыми данными по уровням и расходам воды в створе ГП 5013 (г.Хабаровск) в период катастрофического паводка 1958 г.

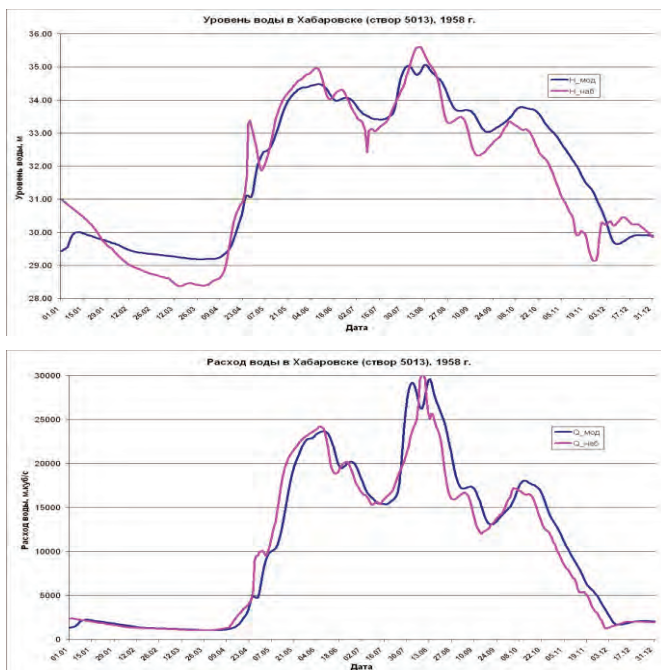


Рисунок 2 – Сравнение уровней и расходов воды в створе ГП 5013 (г. Хабаровск)

Как видно из сравнительных диаграмм сходимость по расходам и уровням воды является приемлемой (ошибка по уровням воды не превосходит 5%, по расходам воды - 10%).

8 Использование ГДМ р.Амур для прогноза

Для демонстрации прогностических возможностей ГДМ р.Амур были выполнены модельные расчеты паводка 2013 г. в различные временные интервалы. При этом прогноз приточности (боковой приточности) выполнялся по принцип: в последующие дни расходы (уровни) воды будут такие же, как и на расчетную дату.

На рисунка 3-6 приведены три кривые: наблюдаемые расходы воды, рассчитанные по модели по наблюдаемым данным (за весь период) и выполненные по прогнозу (см.выше). Расчеты выполнены на следующие

прогнозные даты: 01 августа (за 33 дня до пика), 07 августа (за 27 дней до пика), 13 августа (за 21 день до пика) и 25 августа (за 9 дней до пика). На рисунках 3, 4 видно насколько прогнозная кривая (диаграмма черным цветом) отличается от наблюдаемой (диаграмма синим цветом). Однако на 13 августа (рисунок 5) прогнозный расход воды уже соответствует максимальному наблюдаемому расходу, но происходит на более позднюю дату.

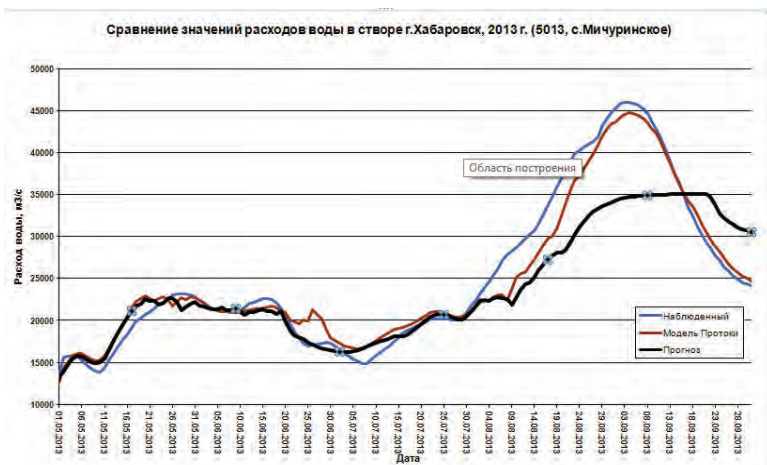


Рисунок 3 – Прогноз расходов воды на 01.08 в створе ГП 5013 (г. Хабаровск)

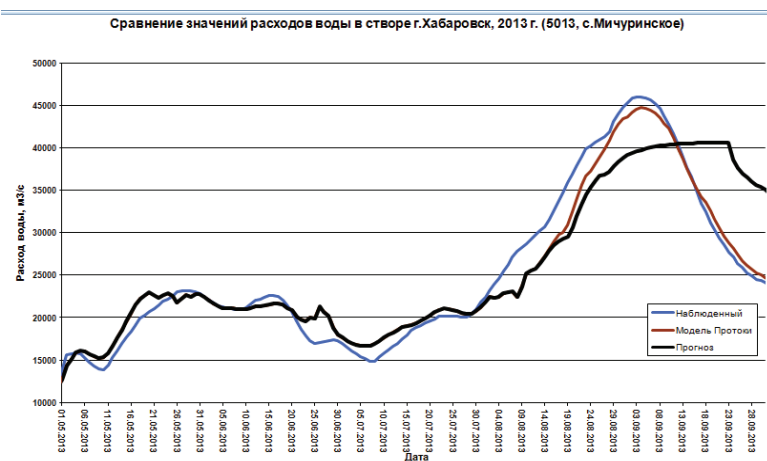


Рисунок 4 – Прогноз расходов воды на 07.08 в створе ГП 5013 (г. Хабаровск)

Сравнение значений расходов воды в створе г.Хабаровск, 2013 г. (5013, с.Мичуринское)

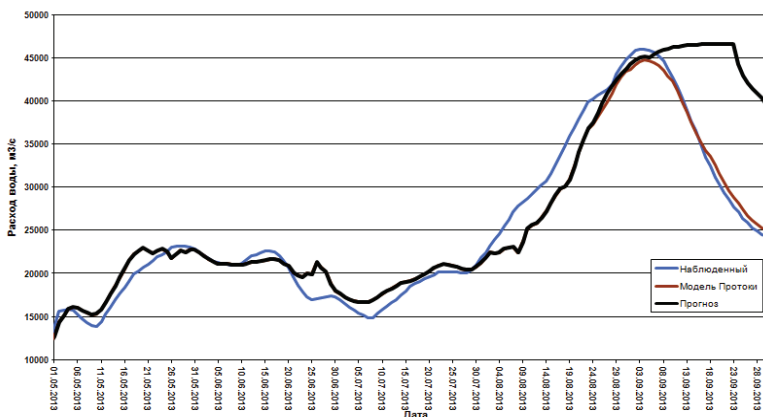


Рисунок 5 – Прогноз расходов воды на 13.08 в створе ГП 5013 (г. Хабаровск)

Финальная прогнозная диаграмма (прогноз на 25 августа, рисунок б) почти полностью повторяет график, построенный по наблюдаемым данным (такой же результат получен и по уровням воды). Последнее показывает, что использование ГДМ р.Амур позволило выполнить довольно точный прогноз критической даты и значений максимальных расходов и уровней воды за 9 дней до реализации (пик катастрофического паводка наступил 3, 4 сентября).

Сравнение значений расходов воды в створе г.Хабаровск, 2013 г. (5013, с.Мичуринское)

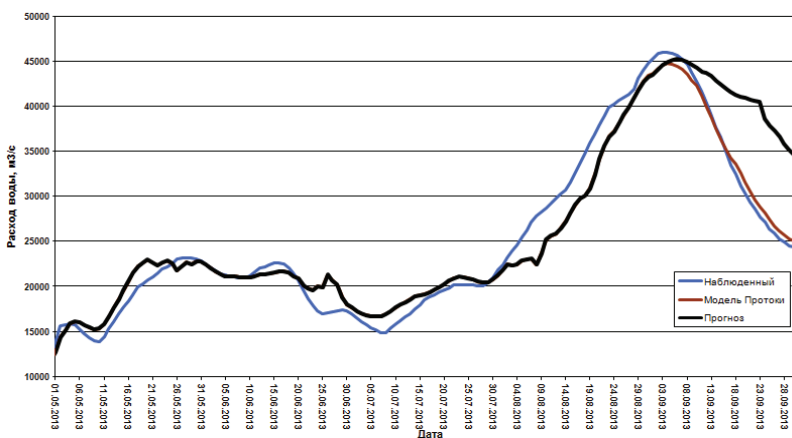


Рисунок 6 – Прогноз расходов воды на 25.08 в створе ГП 5013 (г. Хабаровск)

Таким образом, можно отметить, что своевременное использование ГДМ р.Амур могло бы снизить риски разрушений катастрофического паводка 2013 года.

Библиографический список

1 Отчет по теме И-13-16: «Оценка изменений русла реки Амур в результате прохождения экстремального паводка 2013 года, разработка и внедрение имитационной математической модели р. Амур с целью подготовки рекомендаций по комплексу защитных и руслоформирующих мероприятий на прибрежной территории Российской Федерации». ГК от «24» января 2014 года № И-13-16;

2 Компьютерное моделирование речных потоков. Теоретические основы. М.: Научная консалтинговая фирма «Волга», 2013;

3 Компьютерное моделирование систем рек и каналов Mike11. М.: Научная консалтинговая фирма «Волга», 2013;

4 MIKE VIEW Создание презентаций. Результатов моделирования MOUSE, MIKESWMM, MIKENET, MIKE11, MIKEURBAN/М.: Научная консалтинговая фирма «Волга», 2013.

**Управление водными ресурсами как многофакторная задача
комплексного водопользования**

Л.Д. Раткович, кандидат технических наук, профессор

*ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ - МСХА ИМЕНИ К.А.ТИМИРЯЗЕВА»,
г. Москва, Россия*

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы, возникающие в ходе планирования мероприятий по управлению водными ресурсами. Обозначены основные проблемы в сфере комплексного водопользования и регулирования речного стока. Сформулированы цели и задачи в области управления водными ресурсами. Рассмотрены методические аспекты решения гидрологических и водохозяйственных задач. Дается оценка необходимой исходной информации. Анализируются методы моделирования речного стока, в частности с использованием бета-распределения. Рассматриваются вопросы оценки критериев удовлетворения требований к воде, методика имитационного моделирования водохозяйственных систем.

Annotation

Water control questions are considered in the article. Basic problems in the field of total water use and river flow regulation are discussed. Aims and tasks are set forth in area of water control. The methodical aspects of decision of hydrological and water planning tasks are considered. The estimation of necessary baseline information is given. Article concerns methods of the river flow modelling, in particular with the use of beta-distribution probability. The article describes the criteria to meet water users and simulation techniques of water management systems.

Ключевые слова: управление водными ресурсами, регулирование стока, режим водопотребления, критерии удовлетворения требований к воде, водохозяйственные системы, моделирование стока, имитационное моделирование.

Keywords

Water management, flow regulation mode, water consumption, to meet the criteria for water, water systems, modeling of runoff simulation.

Исходная позиция любого вида деятельности это определение конечной цели. В отношении заявленной темы мы добиваемся создания эффективных локальных или глобальных водохозяйственных систем, гарантирующих водообеспеченность хозяйственных планов и стимулирующих социально-экономический прогресс при условии поддержания физического здоровья людей и приемлемых условий в окружающей природной среде. Помимо обобщенной стратегической цели управление водными ресурсами имеет множество локальных целей в сфере проектирования и эксплуатации водохозяйственных систем. Это качественное бесперебойное водоснабжение населения, выполнение природоохранных функций, гарантированное водообеспечение отраслей экономики, включая тепловую, атомную и гидроэнергетику.

Управление водными ресурсами имеет достаточно широкий смысловой диапазон, от регулирования местного стока на водосборе [1] до каскадного регулирования речного стока крупнейших рек страны, Волги, Оби и Иртыша, Ангары и Енисея. При этом функциональное назначение главных каскадов России неодинаково. Ангаро - Енисейский каскад (АЕК) мощностью около 13 гигаватт и среднегодовой выработкой электроэнергии более 45 млрд кВт*час практически полностью энергетического назначения, в то время как Волжско-Камский каскад – классический пример комплексного использования водных ресурсов. Кроме регулирования стока, важнейшим аспектом управления является режим водоотведения, определяющий качество сточных вод, объем которых по стране измеряется десятками кубокилометров. Прежде всего, это наличие и достаточность оборотных и комбинированных систем водоснабжения [2], наиболее эффективных в промышленности.

Реализация целей традиционно сводится к решению большого числа экологических, инженерно гидрологических и водохозяйственных задач. Актуальность их решения обусловлена массой проблем, сформировавшихся на протяжении последних десятилетий. По материалам РИСИ (Российский институт стратегических исследований) уровень использования ресурсов

поверхностных пресных вод во всем мире составляет порядка 50% доступных возобновляемых ресурсов, причем к 2025 году данный показатель может возрасти до 70 %. Сейчас, более, чем в 18 странах мира наблюдается дефицит воды в соответствии с международным критерием 1000 м³/год на одного человека, когда практически невозможно удовлетворить потребности коммунально-бытового водоснабжения и государственной экономики. К 2025 годам число таких государств может вырасти до 33. На критически низком уровне водообеспеченности находятся: Ближний Восток, Северный Китай, Мексика, страны Северной Африки, Юго-Восточной Азии и ряд постсоветских государств.

Россия располагает уникальными запасами водных ресурсов. Если говорить о дефицитах воды, причиной проблемы является неравномерное распределение ресурсов по территории и во времени. К примеру, Южный и Дальневосточный федеральные округа России, различаются по удельной водообеспеченности примерно в 100 раз. Государственная водная политика России отражена в двух документах - Водной стратегии РФ до 2020 года и федеральной целевой программе России «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012 - 2020 годах» [4, 5]. В Федеральной целевой программе сформулированы множественные проблемы Российского водного хозяйства и пути их решения. Очевидно, что все эти проблемы непосредственно связаны с методологией управления водными ресурсами. Методические основы расчетного обоснования водохозяйственных систем по управлению водными ресурсами [3, 6, 7] до настоящего времени нельзя считать завершенными, поскольку необходимы дополнительные научные исследования по ряду вопросов, затрагиваемых ниже.

Исходная информация для планирования мероприятий по управлению водными ресурсами.

Гидрологическая информация

Естественная основа планирования – достоверная метеорологическая и гидрологическая информация. По большей части речь идет о речном стоке,

формирование которого весьма непростой случайный процесс. Методика оценки статистических параметров стока достаточно отработана [8]. Однако до настоящего времени нет убедительных рекомендаций, в каких случаях использовать в качестве прототипа режима наблюдаемые многолетние гидрологические ряды, когда прибегать к моделированию искусственных рядов. Как правило, опыта проектировщиков достаточно для принятия решения в условиях стационарного процесса. В случае вероятных изменений гидрологических характеристик под влиянием климатических трендов, достоверность которых нельзя считать приемлемой, проблема усугубляется. Кроме того, водохозяйственные расчеты базируются на естественном режиме стока, которого практически не существует на подавляющем числе водотоков. Следовательно, требуется процедура ретрансформации стока с восстановлением однородности данных, либо использование бытовых расходов, либо моделирование с применением аналогов [9, 10].

Мотивацией к использованию искусственной исходной информации служит отсутствие продолжительных данных наблюдений, либо невозможность получить объективные результаты водохозяйственных расчетов по короткой выборке. В настоящее время хорошо отработаны методы генерации многолетних последовательностей стока с учетом взаимной и автокорреляции. Очевидно, что использование искусственной гидрологии представляет мощную основу для научных исследований. Что касается проектной практики, то примеры использования стохастических моделей довольно редки. Возможности использования таких моделей существенно расширились с развитием компьютерных технологий. Различия методик проявлялись в выборе типа функции безусловного распределения, а также автокорреляционной функции для моделирования совокупностей с принятым шагом дискретности во времени. Требования к функциям безусловного распределения определяются двумя факторами – необходимостью исключения области отрицательных значений и наличием независимой асимметрии распределения [3].

Часто применяемой моделью автокорреляционной функции является

простая цепь Маркова, устанавливающая связь между смежными величинами случайного ряда. Одна из модификаций Марковского процесса (Раткович Д.Я., Сарманов И.О.) предусматривает линейную корреляцию между обеспеченностями стока смежных лет с последующим переходом к величинам стока посредством трехпараметрического гамма распределения [11]. При необходимости моделирования нескольких взаимосвязанных гидрологических рядов задача естественно усложняется. В работе [12] предложен следующий метод. Задается конечное число независимых случайных величин и ищется такое линейное преобразование, при котором их статистические характеристики: математические ожидания, ковариационная матрица и третьи несмешанные моменты достаточно близко совпадают с известными оценками параметров.

В матричной форме постановка задачи сводится к уравнению $Y = A \cdot X$, где A – прямоугольная матрица порядка $n \times N$ с элементами $a_{i,j}$, X – вектор-столбец независимых случайных величин x_1, \dots, x_n [12]. Путем матричных преобразований определяются коэффициенты $a_{i,j}$ и параметры вспомогательных многолетних последовательностей x_j .

Строго говоря, построение корреляции между случайными величинами требует точного знания закона распределения. Только обеспеченности обладают привилегией принадлежности к равномерному распределению. В то же время построение корреляции между обеспеченностями стока представляется удобным и эффективным. Наконец использование обеспеченностей привлекательно для гидролого-водохозяйственных расчетов. К сожалению, описанный выше композиционный метод не применим к равномерно распределенным случайным последовательностям (то есть обеспеченностям), поскольку равномерное распределение – однопараметрическое. С целью расширения области действий с обеспеченностями рассмотрена возможность использования для их описания бета – распределения [13]. Бета - распределение – двух - параметрическое, при

определенных ограничениях – одномодальное, с регулируемым положением моды. Это особенно важно для построения условных распределений вероятностей величин стока. Рассматриваются две последовательности равномерно распределенных случайных величин p и q . Соответствующая функция плотности распределения этих величин и функция распределения имеют вид (1).

$$f(x) = \frac{x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}}{B(\alpha, \beta)} ; F(x) = \int_0^x \frac{x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}}{B(\alpha, \beta)} dx \quad (1)$$

Условное распределение, достаточно гибкое и может быть подобрано вариацией параметров бета - функции. Параметры бета - функции, в свою очередь зависят от оценки корреляции и достигнутого значения обеспеченности p , которое принимается за моду распределения. Существенным моментом при формировании характера связи является выбор параметра для построения уравнения регрессии. При сравнении математического ожидания и моды предпочтительно использование модальных значений, более подходящих для построения корреляционной связи. Для описания линейной корреляции между равномерно-распределенными случайными величинами p и q принята модель соответствия коэффициента корреляции r моде условного распределения m_q . Принимаемая линейная зависимость между модой условного распределения и коэффициентом корреляции согласуется с логикой предшествующих исследований. Сохраняется и структура уравнения регрессии по сравнению с [11].

$$m_q = m = 0.5 + r \cdot (p - 0.5) \quad (3)$$

Значение стандарта условного распределения (4) выражается через стандартное отклонение безусловного равномерного распределения с помощью известного соотношения.

$$\sigma_r^2 = \sigma_0^2(1-r^2) ; \sigma_r^2 = \frac{1-r^2}{12} \quad (4)$$

Используя далее выражения для моды распределения и стандарта, получаем систему уравнений (5), в результате решения которой определяются параметры бета-функции и соответствующего бета-распределения.

$$\begin{cases} \alpha = \frac{(m \cdot \beta - 2 \cdot m + 1)}{1 - m} ; \\ \frac{\beta \cdot (m \cdot \beta - 2 \cdot m + 1) \cdot (1 - m)^2}{(\beta - 2 \cdot m + 1)^2 \cdot (\beta - 3 \cdot m + 2)} = \sigma^2 = \frac{1 - r^2}{12} \end{cases} \quad (5)$$

Система (5) сводится к кубическому уравнению относительно β , решение которого позволяет определить значения параметров α и β бета-функции условного распределения в зависимости от коэффициента корреляции r и достигнутой обеспеченности p .

Резюмируя вышеизложенное, следует отметить, что для получения репрезентативной гидрологической информации требуется помимо проектных разработок серьезная научная поддержка.

Требования водопользователей

Расчетные требования водопользователей формируются в соответствии с набором составляющих расходной части водохозяйственного баланса разного типа и уровня разработки, где функциональную часть требований составляют отраслевые потребители [14]. Значительную долю общего гидрографа водопотребления на крупных и средних водотоках составляют транспортно-энергетические и санитарно-экологические попуски из водохранилищ. Отраслевое водопотребление в значительной степени определяется с учетом действующих удельных норм, особенностей технологических процессов в промышленности и сельском хозяйстве, принятых схем водообеспечения, то попуски всегда варианты, зависят от водности периода и конкретной гипотезы управления водными ресурсами. Объем и режим целевых попусков зависит от проектных сценариев развития водопотребления и реализации соответствующих водохозяйственных мероприятий в привязке к намечаемым уровням развития экономики [3].

Наряду с объемом и режимом водопотребления существенную роль играет система критериев удовлетворения этих требований. Важность позиции связана с тем, что она в значительной степени определяет параметры мероприятий и стратегию управления. Изменение расчетной обеспеченности на 0,1 при высокой изменчивости может в 2 раза увеличить или уменьшить требуемую величину объема водохранилища или пропускную способность водозабора. В то же время значения критериев не прописаны в нормативной литературе (за исключением максимальных расходов, устанавливаемых в зависимости от класса сооружений и ситуации в нижнем бьефе гидроузлов). По этой причине критерии устанавливаются на основании опыта отечественного и зарубежного проектирования. Вопрос требует отдельного рассмотрения, с точки зрения обоснования обеспеченности покрытия, допустимой глубины перебоев, возможно, других показателей. В работе [3] сделана попытка обоснования значений критериев в системе обеспеченность – глубина перебоев.

Водохозяйственные балансы как инструмент планирования мероприятий по управлению водными ресурсами.

Балансовый метод один из основных методов водохозяйственного обоснования параметров и режима водохозяйственных систем. Особенности и технология балансового метода изложены во многих работах [3, 14]. Рассматривая различные сценарии ввода мероприятий, направленных на экономию водных ресурсов и регулирование качества воды, мы выявляем необходимость коррекции водопотребления, необходимость многолетнего или сезонного регулирования стока, целесообразность дотации стока из внешнего бассейна.

Таким образом, первоочередные управляющие воздействия проявляются в динамике внедрения водохозяйственных мероприятий, таких, как создание оборотно-прямоточных и комбинированных систем водоснабжения, оптимизации удельных норм водопотребления (в том числе оросительных норм) за счет повышения технологичности, повторного использования очищенных бытовых стоков в промышленности и т.п.. Регулирование и территориальное

перераспределение стока следует рассматривать как мероприятия второго этапа, если принять приоритет санитарно-экологических требований.

Решение вопросов такого характера возможно только с использованием имитационного моделирования, в особенности на трансграничных водных объектах [15]. Имитационные модели с элементами оптимизации используются для построения диспетчерских графиков работы отдельных водохранилищ и сложных водохозяйственных систем типа Москворецкой водной системы. Существующие пакеты компьютерных программ для имитационного моделирования [16] достаточно эффективны, тем не менее, всегда требуется их доработка применительно к конкретному водному объекту, либо новая разработка модели.

Рассматриваемая тематика очень обширна и выходит за рамки одного обзора. В статье ставится задача привлечь профильных специалистов к научной дискуссии. В качестве близкой по проблематике рекомендуются работы [17-21].

Список литературы

1. Глазунова И.В., Раткович Л.Д. Применение локальных инженерных сооружений для более полного использования местных ресурсов водосбора. Вода Magazine, № 8 (60) 2012, с. 34-36, ISSN 2020-532
2. Шахов И.С. Водные ресурсы и их рациональное использование. Учебное пособие. Екатеринбург. 2000 г. – 289 с.
3. Раткович Л.Д., Маркин В.Н., Глазунова И.В. Вопросы рационального использования водных ресурсов и проектного обоснования водохозяйственных систем. ФГБОУ ВПО МГУП, 2013, 258 с., ISBN 978-5-89231-415-2
4. Распоряжение Правительства РФ от 27 августа 2009 г. № 1235-р Об утверждении Водной стратегии РФ на период до 2020 года.
5. Постановление правительства РФ от 19.04.2012 п 350 "О федеральной целевой программе "Развитие водохозяйственного комплекса российской федерации в 2012 - 2020 годах".
6. Раткович Л.Д. Методические особенности водохозяйственных расчетов в

современных условиях. Труды конференции «Современные проблемы стохастической гидрологии» в институте Водных проблем РАН, Москва, РАН, 2001, 245 с., тир.300 экз., с.166-170

7. Раткович Л.Д. Дискуссионные вопросы в сфере водохозяйственного проектирования. Вода Magazine, № 12 (16) 2008, с. 40-44, ISSN 2020-3532.

8. Железняков Г. В. , Овчаров Е. Е. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока. М. : Колос, 1993.

9. Рождественский А.В., Лобанова А.Г. Приведение рядов речного стока к длительному периоду методом множественной линейной корреляции. – Труды ГГИ, 1968, вып. 163.

10. Раткович Л.Д. О восстановлении коротких рядов стока по аналогам. Водные ресурсы, 1983 год, N 5, с.26-44 , ISSN 0321-0596

11. Раткович Д.Я. Многолетние колебания речного стока. Л., Гидрометеиздат, 1976, 255 с.

12. Музылев С.В., Привальский В.Е., Раткович Д.Я. Стохастические модели в инженерной гидрологии. М. Наука. 1982, 185 с.

13. Раткович Л.Д. Моделирование гидрологических рядов с использованием beta- распределения. «Современные проблемы стохастической гидрологии и регулирования стока». Труды Всероссийской научной конференции, посвященной памяти профессора А.В. Рождественского. РАН ИВП Москва, 2012, тир. 200 экз., 488 с., с.141-147 , ISBN 978-5-85941-438-3

14. Методика расчета водохозяйственных балансов водных объектов. Приказ МПР РФ от 30 ноября 2007 г. N 314.

15. Раткович Л.Д., Козлов Д.В. Водохозяйственные аспекты трансграничного водodelения и совместного управления водными ресурсами. Материалы второй международной конференции «Управление трансграничными водными ресурсами», 500 экз., 185 с. (с.165-176), Москва 2010, ISBN 978-5-89231-303-2

16. П. Лаукс, И. Ван Бик Планирование и управление водохозяйственными системами. ФАВР (Росводресурсы). Москва 2009 г.

17. Александровский А.Ю. Теория и методы водохозяйственных и водноэнергетических расчетов каскадов ГЭС, 1991 257 с. : ил РГБ ОД 71:94-5/256
18. Асарин А.Е. Водно-энергетические расчеты / А.Е. Асарин, К.Н. Бесстужева. М.: Энергоатомиздат, 1986. 223 с.
19. Асарин А.Е. Современные проблемы и перспективы развития гидроэнергетики России // Стратегические проблемы водопользования России: сборник научных трудов. – М.: Новочеркасск, НОК, 2008. С.133–138.
20. Исмайылов Г.Х., Прошляков И.В., Раткович Л.Д. Методология управления большими водохозяйственными системами на примере Волжско-Камского каскада водохранилищ Мелиорация и водное хозяйство, 2006 год , №4, с.17-22.
21. Болгов М.В. Современные проблемы оценки водных ресурсов и водообеспечения [Текст] / М. В. Болгов, В. М. Мишон, Н. И. Сенцова ; ИВП РАН. - Москва : Наука, 2005. - 318 с. 309-315. - ISBN 5-02-032912-6.

Проблема ведения хозяйственной деятельности в пределах водоохранных зон водных объектов

Д.А. Алиев, аспирант

ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ - МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА»,

г. Москва, Россия

Аннотация:

Статья описывает проблему ведения хозяйственной деятельности в пределах водоохранных зон (ВЗ) и прибрежных защитных полос (ПЗП). В статье изложены основные сложности, с которыми приходится столкнуться при разработке проектов по установлению границ ВЗ и ПЗП, предложены варианты их решения, сделаны выводы об актуальности разработки подобной документации.

Ключевые слова:

Водоохранная зона, прибрежная защитная полоса, береговая линия, установление границ, специальные информационные знаки.

Annotation: The article describes the problem of economic activity within the limits of water protection zone. Basic complications with which it is necessary to clash at development of projects on establishment of scopes of the indicated areas are expounded in the article, the variants of their decision are offered, conclusions are done about actuality of development of similar document.

Keywords: Bank-protection area, off-shore defence zonal, coastline, establishment of scopes, special informative signs.

В течение последних нескольких лет и в настоящее время, ведется активная разработка проектов «установление границ водоохранных зон и прибрежных защитных полос для водных объектов». Такие работы выполняются для водных объектов в черте определенных населенных пунктов, либо на всем их протяжении. В разработке подобных проектов я принимаю непосредственное участие.

Основная задача этих проектов - установление специального режима хозяйственной и иной деятельности в пределах водоохранных зон (ВЗ) и

прибрежных защитных полос (ПЗП), с целью охраны и восстановления водных объектов, улучшения их гидрологического режима и санитарного состояния.

Сразу упомяну о весьма частой ситуации, с которой приходится столкнуться при реализации проектов. Не редко, в пределах устанавливаемых зон, оказываются участки земель, на которых ведется хозяйственная деятельность. Это могут быть частные приусадебные хозяйства, или территории сельскохозяйственного назначения, на которых ведется распашка земель выращивание сельхоз. культур. Случается, что в пределы ВЗ и ПЗП попадают участки, на которых ведется промышленная деятельность.

Ситуация складывается таким образом, что собственники этих земель имеют разрешение на ведение деятельности на данном кадастровом участке, т.к. на момент выдачи этого разрешения, проекта, определяющего границы ВЗ, не было. Получается, что разрешение имеется, но деятельность больше вести не может. Что, в свою очередь, порождает множество споров и разногласий. Пока идут споры, деятельность в пределах водоохраных зон продолжается. Получается, что проект не всегда позволяет достичь основной цели.

Из сложностей, связанных с разработкой проектов установления границ ВЗ и ПЗП, хотелось бы выделить отсутствие действующих методических указаний. Действующий ранее нормативный документ утратил свою силу, а новой редакции разработано не было. Как результат – отсутствие единой структуры у типовых проектов установления границ ВЗ и ПЗП. По сути, содержание разрабатываемой документации зависит от технического задания, которое может быть совершенно разным, в зависимости от требований заказчика.

Получается, что проект один и тот же, а варианты его исполнения могут кардинально отличаться. По моему личному мнению, это может создавать значительные сложности при формировании общей базы объектов ВЗ и ПЗП на территории РФ.

Кроме того, весьма спорным является вопрос определения координат береговой линии. Согласно Водному Кодексу РФ береговая линия для

водотоков, определяется как средний многолетний уровень воды в периоды, когда река не покрыта льдом. Для определения координат береговой линии рассчитывается такой уровень для нескольких створов реки, определяются абсолютные отметки в расчетных створах. Затем, соединяя эти отметки в продольном разрезе, получают требуемые абсолютные отметки, на всем протяжении водотока.

Нанеся эти отметки на рельеф, получаются координаты береговой линии. Эта методика имеет огромное количество недочетов. Во-первых, многолетние ряды гидрологических наблюдений имеются далеко не для всех рек РФ. В случае их наличия (сборник «гидрологическая изученность»), обычно это несколько створов на сотни километров протяженности водотока. Плюс ко всему, наблюдения на гидрологических постах обычно ведутся менее чем минимально требуемые 30 лет, и средний многолетний уровень, рассчитанный на основе этих данных, будет иметь некоторую ошибку. Не редко, весьма значительную. Альтернативных данных нет.

То есть отметки среднего многолетнего уровня в расчетных створах, как правило, имеют приличную погрешность. Соединяя на продольном профиле эти отметки между собой, мы получаем очень примерные отметки на протяжении реки между створами, которые совершенно не учитывают уклоны дна, местные подпоры, другими словами, получены просто средние значения, которые уже весьма серьезно разнятся с фактическими отметками.

Затем, полученные с большим количеством допущений и погрешностей отметки, накладывают на рельеф. В подобных проектах, в абсолютном большинстве случаев, делается и топографическая карта, масштаба 1:10000. В лучшем случае, сечение рельефа составляет 2 метра. В картах для открытого доступа, сечение рельефа может быть до 10 метров. И даже весьма точная топокарта не учитывает особенностей берега. Нанесение отметок на топокарту, опять же, накладывает свои, весьма приличные погрешности.

В результате, делая все вроде бы правильно, можно получить картину, имеющую мало общего с действительностью. Полученные координаты

береговых линий могут быть совершенно не верными. Да и как они могут получиться точными, если ошибки и погрешности накладываются на всех этапах расчета.

В связи с этим, нужны альтернативные варианты расчетов. В своей практике, я пришел к одному варианту определения координат береговой линии, который кажется мне наиболее достоверным и правильным. Для этого необходимо иметь хотя бы один действующий гидрологический пост, либо гидротехническое сооружение, на котором ведутся регулярные гидрологические наблюдения. Здесь наиболее важной характеристикой является расход воды.

Далее, по многолетним рядам наблюдений, взятым из «гидрологической изученности», а так же с действующего гидропоста, вычисляем средний многолетний уровень, когда река не покрыта льдом, для расчетного створа. На действующем гидрологическом посту, запрашиваем информацию за последние несколько лет, по ежедневным наблюдениям за расходом. По полученным данным необходимо выделить даты, или периоды, в которые расходы в реке соответствовали или были максимально близки к расчетным среднемноголетним значениям.

Следующим шагом будет запрос в соответствующие службы, на наличие космических снимков требуемой территории, в полученные даты. Далее, полученные космоснимки оцифровываются, привязываются к системе координат. В результате, получают координаты береговой линии, максимально близкие к действительности, на всем протяжении водотока. Основной нюанс заключается в том, что бы в многолетний период наблюдений не было существенных изменений в гидрологическом режиме водотока, не были построены ГТС.

В остальном, данный метод кажется мне более актуальным, учитывая современные технологии, и гораздо более точным.

Возвращаясь к теме статьи, помимо некоторых сложностей, я вижу и положительные моменты в разработке подобных проектов. Во-первых, на

свободных территориях в пределах ВЗ и ПЗП, после разработки и утверждения проекта, деятельность не может быть разрешена. Во-вторых, деятельность которая уже ведется, должна быть прекращена.

Зачастую, при обследовании прибрежных территорий различных рек, приходилось сталкиваться с самовольной застройкой. Дома стояли в пределах прибрежной защитной полосы, что было видно на глаз (рис.1). Минимальная ширина ПЗП, для водотоков – 30 метров. Не редко капитальное строительство наблюдалось и в 10-15 метрах от уреза воды.



Рис. 1 Пример несанкционированной застройки

И такие постройки далеко не всегда единичны, случается наблюдать небольшие поселки, которые практически полностью расположились в пределах ПЗП. Качественно выполненный проект установки границ ВЗ и ПЗП, позволяет выявлять подобные территории. В этих случаях, земли должны быть освобождены.

Не менее важной частью проекта, является раздел «установление мест установки специальных информационных знаков». Данный раздел подразумевает установление знаков для информирования физических и юридических лиц об особом режиме хоз. деятельности, в пределах обозначенных территорий. Проще говоря, в местах пересечения границ

водоохранных зон с дорогами, в местах отдыха населения, должны быть установлены специальные знаки, знак «водоохранная зона» и знак «прибрежная защитная полоса».

Говоря об этих проектах в целом, хочу сказать, что их разработка необходима, и сам факт того, что государство выделяет на это деньги, проекты разрабатываются, не может не радовать. С другой стороны, реализация данной программы могла бы быть более продумана, организована. Но, повторюсь, в целом, данные проекты необходимы.

В дополнение хочется отметить, что создание данных ограничений в пределах ВЗ и ПЗП водных объектов - то есть теория вопроса, это лишь шаг к достижению цели проекта. Не менее важной деталью, является контроль соблюдения введенных ограничений, на практике.

В качестве примера представлен участок реки Анграпа в Калининградской области, вблизи города Черняховск. Ширина прибрежной защитной полосы в данном створе составляет 50 метров, ширина водоохранной зоны равна 200 м. При этом наблюдается активная застройка частными жилыми домами не далее 15-20 метров от уреза воды (Рис. 1).

**Состояние, развитие и перспективы применения гидроциклонных
и фильтроциклонных насосных установок для очистки природных
сточных вод**

*Абдураманов Абдуманап , доктор технических наук ,
профессор*

Таразский Государственный Университет имени М.Х. Дулати
г.Тараз, Казахстан.

В статье освещается состояние, развитие и перспективы применения гидроциклонных и фильтроциклонных насосных установок для очистки природных и сточных вод производственных предприятий от наносов и других легких примесей. Показана динамика усовершенствования конструкции таких установок, способных разделить многокомпонентные гидросмеси на отдельные ее составляющие.

The state, development and prospects of applying hydrocyclonic and filtrocyclonic pump installations for cleaning natural and sewer water of manufacturing enterprises from sediment and other light impurities are highlight in this article. The dynamics of improvement of construction the installations able to divide multicomponent hydroslurries into her separate constituents is shown.

Известно, что в конце шестидесятых годов прошлого века в республике Казахстан был разработан гидроциклонный способ улавливания наносов на всасывающей линии насоса (способ Абдураманова-Жангарина) [1,2], который оказался весьма перспективным направлением в гидротехнике и мелиорации, водоснабжении и канализации, коммунальном хозяйстве и насосостроении. Позднее аналогичные разработки выполнялись в Японии [3], Болгарии [4] ,

США [5] и Азербайджане [6]. В настоящее время это направление успешно развивается в России [7,8,9,10,11].

Основой всех этих разработок послужила идея придания всасываемому насосом потоку закрученный характер. Использование центробежного эффекта вытеснения твердых частиц (взвесей) от жидкости во вращающемся потоке, созданном в цилиндрических (конических), либо цилиндроконических всасывающих трубах (гидроциклонной камере) насосов, позволяет успешно осуществить разделение двухкомпонентной среды по составляющим.

Долгое время эффективность такого разделения двухкомпонентных гидросмесей на составляющие компоненты оставалось сомнительной, ибо любое местное сопротивление, расположенное на всасывающей линии насоса увеличивает потери удельной энергии, тем самым уменьшает кавитационный запас насоса. Считалось, что надежность работы гидроциклонных насосных установок невысокая. Однако, как показала практика, кавитационные явления возникают когда глубина вакуума на всасывающей линии центробежного насоса превышает 7-8 метров водяного столба. Следовательно, ниже этого предела насосная установка может работать нормально. Потери удельной энергии (напора) в гидроциклонах с диаметром цилиндрической части менее 0,5 м обычно составляют 2-3 м. вод. ст. Это означает, что гидроциклонная насосная установка вполне удовлетворительно может работать при заборе воды из источника, находящегося на глубине 4-5 метров. Этой глубины достаточно для успешного решения многих производственных задач.

Надежность работы гидроциклонных насосных установок автоматически обеспечивается в случаях, когда гидроциклонная камера, расположенная непосредственно в источнике, затоплена. Например, в качестве водоприемного оголовка всасывающей линии насоса, оголовка сифона, дюкера, водоподъемной установки [12,13,14].

В перечисленных выше случаях режим работы гидроциклона протекает в напорном, вакуумном и напорно-вакуумном условиях.

До сих пор, в опубликованных трудах, движение потоков в гидроциклоне считалось установившимся, если пренебречь кратковременными периодами пуска и остановки. А вот работа гидроциклона в качестве оголовка гидравлического тарана [14] пролила свет на необходимость исследований неустановившегося движения двухкомпонентной закрученной жидкости.

Естественно, теоретическое и экспериментальное изучение неустановившегося движения трехмерных (закрученных) потоков в гидроциклоне и других гидротехнических устройствах, представляет новое перспективное направление в науке и технике. Весьма важным, перспективным направлением может служить разделение на всасывающей линии насоса гидросмеси «жидкость + жидкость» и трехкомпонентной среды «твердая фаза + жидкий компонент + легкий компонент» (например: песок + вода + нефть) на составляющие элементы [15,16,17].

Гидроциклонная камера, снабженная вдоль продольной оси цилиндрической трубкой с перфорацией или винтообразной щелью позволяет успешно осуществить процессы классификации на отдельные продукты, причем их можно реализовать как в напорном, так и в напорно-вакуумном и в вакуумном условиях.

Гидроциклонные насосные установки, работающие в пределах допустимой вакуумметрической высоты всасывания высокоэффективны в производстве и находят широкое применение.

В связи с необходимостью повышения эффективности и интенсификации процессов очистки воды, сгущения и транспортировки пульпы (наносов) представляют особый интерес установки (агрегаты) в которых гидроциклоны, гидроструйные аппараты используются совместно с лопастными насосами. Подобные установки позволяют существенно расширить функциональные возможности серийно выпускаемого насосного оборудования. На основе совместного применения гидроциклонов, лопастных и гидроструйных насосов можно значительно увеличить напор или подачу, а также допустимую вакуумметрическую высоту всасывания лопастных насосов, перекачивать

гидросмеси и газы, создавать вакуум, смешение жидких, твердых и газообразных сред, улавливать наносы, сгущать пульпу, очищать (осветлять) жидкую фазу от твердых взвесей в движении и многие другие операции по транспортировке гидросмесей [18].

С другой стороны, создание указанных установок позволяет достичь больших значений коэффициента полезного действия (КПД) по сравнению с КПД отдельно расположенного гидроциклона или струйного насоса. Повышение КПД достигается за счет того, что большую часть полезной работы в комплексной установке совершает лопастной насос, а гидроциклон и струйный аппарат выполняют лишь те технологические функции, которые не может выполнять лопастной насос (осуществляют разделение гидросмеси по фазам, отводят пульпу в сторону, перекачивают газы, подавляют кавитацию и т.п.).

Многие недостатки, присущие отдельно установленным гидроциклонам, лопастным насосам или струйным аппаратам могут быть устранены при создании и использовании установок, в которых гидроциклонный центробежный насос и струйный аппарат взаимно дополняют друг друга.

Гидроциклонно-струйные насосные установки (ГЦСНУ) обладают комплексом показателей, которыми не обладает в отдельности ни насос, ни гидроциклон или струйный аппарат. В частности, на основе совместного применения гидроциклона, центробежного насоса и гидроструйного аппарата могут быть созданы установки [2,12...25], позволяющие добиться следующих преимуществ:

- произвести борьбу с наносами в напорных и вакуумных трубопроводах;
- осуществить сгущение осадка (пульпы) в напорных, вакуумных и напорно-вакуумных условиях;
- поднимать двухфазную жидкость из глубоких скважин с одновременным улавливанием, сгущением и отводом осадка на линии всасывания;
- улавливать наносы в стационарных, передвижных, плавучих и работающих в движении, установках;

- увеличить срок службы погружных насосов путем предотвращения попадания твердых частиц в их приемную камеру;
- очистить шахтные колодцы с одновременным осуществлением подъема и сгущения пульпы;
- осуществить комплексность и многофункциональность установок (возможность использования в качестве водозабора, форсунки, сгустителя, осветлителя и т.д.);
- увеличивать глубину с которой можно поднимать двухфазную жидкость центробежными насосами расположенными выше источника ;
- изменять в широком диапазоне рабочие характеристики центробежных насосов, гидроциклонов и гидроструйных аппаратов;
- реализовать компактность, возможность использования ГЦСНУ, расположенной в ограниченном пространстве произвольным образом ;
- использовать сочетание ГЦСНУ с фильтроотстойниками и флотаторами ;
- разделение двухкомпонентной и трехкомпонентной гидросмеси (твердые примеси + жир (нефть) + вода) по составляющим.

Гидроциклонные насосные установки (ГЦНУ) – многофункциональные устройства, осуществляющие комплекс водохозяйственных задач и состоят из центробежного насоса, гидроциклонной камеры и струйного аппарата. Каждая из составных частей ГЦНУ имеет свою историю развития по конструкции и тенденции их усовершенствования [19].

Реализация рядом государств специальных программ по обеспечению городского и сельского населения качественной водой и в тоже время повышения социального уровня их жизни приводит к неуклонному увеличению объема сточных вод. Этому способствует и рост числа промышленных предприятий в городах и селах. Все это требует ускоренного совершенствования технологических средств очистки сточных вод. Разовое использование и сброс ее в канализацию является, по крайней мере, нерациональным антропогенным действием. Поэтому очистка сточных вод и их повторное использование является важной задачей. Очистка сточных вод

автомоек требует разработки новой технологии. В настоящее время эта задача осуществляется с применением гидроциклоно-фильтрационных устройств напорного действия. Естественно, при этом насосное оборудование подвергается гидроабразивному износу и часто выходит из строя, так и недоработав свои паспортные сроки службы. Причем известно, что центробежные (погружные) насосы рассчитаны на всасывание жидкости, содержащей твердые взвеси размером менее 0,1 мм с концентрацией не более 5 г/л. А в сточных водах промышленных предприятий содержатся частицы разных размеров, вплоть до 2-3 мм и более.

В Таразском Государственном университете имени М.Х.Дулати разработаны гидроциклоны совмещенные с фильтрами и названные фильтроциклонами [20,21,22]. Фильтроциклоны могут работать в напорных, напорно-вакуумных и вакуумных условиях. Фильтроциклоны, установленные на всасывающей линии насоса называются фильтроциклонными насосными установками [23,24]. Такие установки успешно осуществляют разделение трехкомпонентной гидросмеси (твердая фаза + вода + легкая фаза) по составляющим компонентам. Под легкой фазой подразумевается жир, масла, нефтяные продукты.

Фильтроциклонные насосные установки могут находить широкое применение в гидротехнике и мелиорации, жилищно-коммунальном хозяйстве, водоснабжении и канализации, в автомойках и промышленных предприятиях [25,26].оборотное и повторное использование очищенной от наносов и легких примесей (масел, жиров и нефтяных продуктов) воды является важной проблемой в управлении водными ресурсами.

Литература

1. Абдураманов А., Жангарин А.И. Гидрациклонный способ борьбы с наносами при механическом водоподъеме. Аннотация законченных НИР в 1967 году.М.-Л.1969.с 829-831.

2. Абдураманов А. Гидравлика гидроциклонов и гидроциклонных насосных установок. - Тараз «Сеним» 2011.- 296 с.
3. Сэридзава Токудзи. Оформление входа в насос. Японский патент № 17512 (Заяв.24.05.1907) от 16.VI 1970.- Реф.ж.«Насосостроение и компрессоростроение, холодильное машиностроение».-М.,1972,№2.
4. Христов Христо Ив., Инлжова Юлия. Отстраняване на наносите при открита помпени водовемания посредством хидроциклони устройства.- Хайдротехника и мелиорации,1973,№6.С.8-12.
5. Better then a cyclone seaparator / Indusnrial watter engineering, 1977, V.14, P.8.
6. Ершов В.П., Мустафаев А.М., Гутман Б.М. Вакуумгидроциклон для очистки пластовых вод от песка. «Нефтяник», Баку, 1978, № 7.- С.23.
7. Патент № 2228997C2RU. Устройство для регулирования сбора нефтепродуктов с поверхности воды // Дегтярев Г.Л., Дегтярева О.Г., опуб. 2008,Бюль. № 14.
8. Патент № 2205260RU.Устройство для сбора нефтепродуктов с поверхности воды // Дегтярев Г.Л., Дегтярева О.Г., опуб. 2008,Бюль. № 9.
9. Терновский И.Г., Кутепов А.М. Гидроциклонирование.-М., «Наука», 1994, 349 с.
10. Кряжевских Н Ф., Кряжевских Ф.Н. Интенсификация работы групповых водопроводов.-Краснодар, изд-во «Советская Кубань», 2000, 365 с.
11. Водозаборно-очистные сооружения и устройства. Учебное пособие. Под ред. М.Г.Журбы.- М.изд-во «Астрель и Аст», 2003, 569 с.
12. Инновационный патент № 20085 KZ. Сифон Абдураманова. Опуб.2008, Бюль. № 9.
13. Инновационный патент № 20086 KZ. Дюкер Абдураманова. Опуб.2008, Бюль. № 9.
14. Инновационный патент № 20091 KZ. Водоподъемная установка Абдураманова. Опуб.2008, Бюль. № 9.

15. Инновационный патент № 20782 KZ. Гидроциклонная нефтеловушка // Абдураманов А., Джумабеков А., Мусаев А., Абдуова А., Абдураманова Д.А., Оpub.2009, Бюль. № 2.
16. Инновационный патент № 20781 KZ. Гидроциклонная нефтеловушка // Абдураманов А., Абдуова А., Абдураманова Д.А., Оpub.2009, Бюль. № 2.
17. Инновационный патент № 21103 KZ. Гидроциклон Абдураманова. Оpub.2009, Бюль. № 4.
18. Абдураманов А. Струйные аппараты. Теория и практика.-Тараз «Сеним»,2011.-200с.
19. Абдураманов А., Касабеков М.И., Манакбаев Б.К. Динамика разработки гидроциклонных насосных установок и их элементов.Materialy IV mezin-arodni vedecko-prakticka conference «Veda: Teorie A PRAXE-2008» Dil.12 Technicke vedy.Praha, 2008, p.29...33.
20. Инновационный патент № 21102 KZ. Фильтроциклон // Абдураманов А., Жолдасов С., Жоламанов Н. Оpub.2009, Бюль. № 4.
21. Инновационный патент № 20966 KZ. Фильтроциклон // Абдураманов А., Рустем Е. Оpub.2009, Бюль. № 3.
22. Инновационный патент № 21448 KZ. Фильтроциклон Абдураманова. Оpub.2009, Бюль. № 7.
23. Инновационный патент № 20825 KZ. Фильтроциклонная насосная установка // Абдураманов. А., Джумабеков А., Мусаев А. Оpub.2009, Бюль. № 7.
24. Инновационный патент № 21447 KZ. Фильтроциклонная щламожироловушка Абдураманова. Оpub.2009, Бюль. № 7.
25. 100 изобретений д.т.н., профессора Абдураманова.- Алматы, КазНТУ,2010.-309с. (Составители : К.Шилибек, Н.Жоламонов).
26. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Т.ХIII. Коммунально-бытовое и промышленное водоснабжение Казахстана, кн 2. Обратные и замкнутые системы вадоснабжения промышленных предприятий Казахстана: оценка, совершенствование, прогноз //Авторы: Джумабеков А, Абдураманов.А, Жангужинов Е.М., Ибраева Н.А.- Алматы , 2012.-324 с.

ОСОБЕННОСТИ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА КАХОВСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

*Л.М. Булаенко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ «ХЕРСОНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ», г. Херсон, Украина
М.В. Вердыш кандидат экономических наук*

В статье приведены определения оросительной системы, данные на различных этапах развития мелиоративной науки, определены особенности функционирования Каховской оросительной системы. С помощью системы показателей проанализировано состояние водораспределения на Каховской оросительной системе, определено влияние на него различных факторов.

Ключевые слова: орошение, оросительная система, водопользование, показатели, водохозяйственные предприятия.

The paper presents the determination of the irrigation system, the data on the various stages of reclamation science, identified the peculiarities of the Kakhovka irrigation system. With the scorecard analyzes of water allocation in the Kakhovka irrigation system, determined the effect of various factors on it.

Keywords: irrigation, irrigation systems, water management, indicators, water utilities.

Академик Костяков А.Н. дал определение оросительной системы (ОС), суть которого сводится к тому, что ОС это совокупность технических средств забора, транспортирования и преобразования воды в почвенную влагу [1]. Такое определение ОС в современных условиях недостаточно точно отражает её суть, так как характеризует лишь техническую подсистему или гидротехнический передаточный механизм. Современные гидромелиоративные системы, особенно построенные в засушливой зоне, представляют собой сложнейшие природно-технические и хозяйственные комплексы, которые

имеют высокий уровень технической оснащённости. В таких системах передаточный механизм составляет лишь часть системы, её техническую подсистему. Также, в структуру современной оросительной системы входит организационно-хозяйственная подсистема представленная коллективом людей и техническими средствами управления водой. Эта подсистема обеспечивает технологический процесс передачи воды в гидротехническом передаточном механизме. Исходя из этого, можно сделать вывод, что развитие мелиоративной науки, оросительных технологий, изменение условий хозяйствования обусловило внесение уточнений и дополнений в традиционное определение оросительной системы. Определению ОС следует придать более широкое значение и рассматривать её как совокупность иерархически организованных предприятий, взаимодействующих в процессе водопользования, водораспределения и водоотведения на определённой территории [2]. Такое представление об оросительных системах требует подходить к управлению ими как с точки зрения технологических, так и экономических основ эксплуатации.

Примером оросительной системы со сложной структурной организацией, достаточно высоким, на момент строительства, уровнем технической оснащённости и автоматизации технологических процессов на юге Украины является Каховская оросительная система, крупнейшая оросительная система в Европе, которая, в случае полной реализации проекта, могла бы обеспечить орошение сельскохозяйственных земель на территории Херсонской и Запорожской областей на площади 780 тыс. га. Анализ деятельности Каховской оросительной системы позволяет сделать следующие выводы:

- технические мощности головной насосной станции и самой системы на сегодняшний день используются не полностью, фактическая площадь орошения в последние годы составляет 210-230 тыс.га, а годовые объёмы водоподачи – 500-800 млн.м³;

- техническое состояние Каховской оросительной системы удовлетворительное – коэффициент полезного действия межхозяйственной

сети (КПД) с учётом магистрального канала равен 0,90, в то же время имеет место значительный износ основных фондов;

- ежегодно изменяется число сельскохозяйственных водопользователей с малыми по площади орошаемыми участками, что усложняет процесс водораспределения и эксплуатацию Каховской оросительной системы в целом;

- наблюдается ухудшение экологического состояния орошаемых сельскохозяйственных угодий и прилегающих земель;

- подача воды на орошение в современных условиях является платной услугой и осуществляется на основе планового водопользования.

Отдельной проблемой реализации планового водопользования в условиях Каховской оросительной является несоответствие организационной структуры управления системы сложившимся социально-экономическим условиям. Согласно проекту единая технологическая система управления Каховской оросительной системы изначально отсутствовала. С переходом на рыночные условия хозяйствования и реформами в аграрном секторе экономики проблема управления оросительной системой становится более актуальной. Управление главного Каховского магистрального канала (УГКМК), эксплуатирующее головную насосную станцию, магистральный канал и часть точек водовыдела находится в непосредственном подчинении Государственного агентства водных ресурсов Украины. Районные и межрайонные управления водного хозяйства (УВХ), которые находятся в зоне действия магистрального канала, эксплуатируют межхозяйственные распределители и большинство точек водовыдела – находятся в структуре Херсонского (9 УВХ) и Запорожского (2 УВХ) областных управлений водных ресурсов. Структурная разобщенность вызывает дополнительные сложности при водоподаче и водораспределении, а также в процессе заключения договоров между водопользователями и предприятиями водохозяйственно-мелиоративного комплекса. Основные технико-эксплуатационные показатели предприятий, забирающих воду из Каховского магистрального канала и подающих ее на орошение приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технико-эксплуатационные показатели водохозяйственных предприятий в зоне действия Каховской оросительной системы

Название предприятия	Годы	Фактическая площадь полива, тыс.га	Водоподача, тыс.м ³		КПД	Кратность поливов сельскохозяйственных культур	Удельная водоподача, тыс.м ³ /га
			план	факт			
Управление главного Каховского магистрального канала	2010	29,28	120766	95231	1	5,9	3,25
	2011	29,80	135063	122262	1	7,9	4,10
	2012	29,86	145700	133813	1	9,0	4,48
	2013	29,70	151934	127017	1	8,6	4,28
	2014	30,79	162994	120602	1	7,3	3,92
Каховское УВХ	2010	28,73	90925	71799	0,85	7,1	2,92
	2011	28,14	86903	82062	0,80	9,0	3,59
	2012	28,14	103849	101090	0,72	9,7	3,46
	2013	29,72	107145	102828	0,89	10,2	4,19
	2014	29,72	98147	124686	0,88	8,6	3,68
Горностаевское УВХ	2010	17,32	60430	50323	0,99	5,5	2,62
	2011	17,22	59355	45472	0,98	6,9	3,39
	2012	17,54	52678	58468	0,95	8,1	3,73
	2013	17,74	48146	65447	0,99	8,5	4,25
	2014	17,92	48144	75390	0,97	8,2	3,89
Новотроицкое УВХ	2010	44,82	93264	73200	0,94	3,3	1,63
	2011	44,93	94596	111906	0,96	5,3	2,49
	2012	45,14	103095	130114	0,93	5,2	2,88
	2013	47,26	104981	136971	0,96	5,3	2,90
	2014	48,71	107930	147073	0,97	5,3	3,02
Цюрупинское УВХ	2010	1,54	4680	4173	0,91	5,7	2,71
	2011	1,54	5742	3771	1	5,1	2,49
	2012	1,33	5473	3876	0,98	5,9	2,91
	2013	1,51	5445	6373	1	8,4	4,20
	2014	1,58	6531	6008	1	7,9	3,79
Чаплинское УВХ	2010	34,55	66221	80182	1,03	4,5	2,32
	2011	28,38	79806	106642	0,97	5,5	3,76
	2012	28,57	73205	120530	1,02	6,4	4,22
	2013	29,09	78446	119228	0,96	7,7	4,10
	2014	34,55	78155	140898	1,05	7,1	4,08
Ивановское УВХ	2010	13,90	30700	32809	1,08	3,8	2,36
	2011	14,53	36269	47868	1,00	5,9	3,29
	2012	14,54	36200	51224	0,96	5,2	3,52
	2013	14,83	41808	60391	0,99	6,8	4,07
	2014	15,33	39496	60184	0,99	6,5	3,93
Геническое УВХ	2010	20,50	48221	37670	0,90	4,8	1,84
	2011	20,50	44771	47613	0,94	5,6	2,32
	2012	20,70	45269	48435	0,93	5,6	2,34
	2013	21,00	45361	50416	0,95	5,6	2,40
	2014	21,00	47650	47958	0,98	5,5	2,25
Акимовское УВХ	2010	13,66	34414	11530	0,63	2,1	0,84
	2011	14,16	32007	18121	0,66	3,0	1,28
	2012	14,45	22282	17708	0,60	3,0	1,23
	2013	15,49	22282	21438	0,70	3,2	1,38
	2014	15,65	22282	16924	0,63	2,9	1,08
Мелитопольское УВХ	2010	12,20	44083	15126	0,73	2,9	1,24
	2011	12,20	32220	13315	0,62	2,3	1,09
	2012	12,31	22680	19862	0,68	3,3	1,61
	2013	12,61	31300	24308	0,70	3,7	1,93
	2014	12,48	34600	26094	0,73	4,0	2,09

Данные таблицы свидетельствуют о достаточно большой мощности Каховской оросительной системы и высокой интенсивности поливов сельскохозяйственных культур на орошаемом массиве – средняя оросительная норма по системе за анализируемый период составляет 2,8 тыс.м³/га, а максимальная достигает значений 4,8 тыс.м³/га. Средняя кратность поливов – 5,7 а в районах интенсивного выращивания сои на орошении обслуживаемых Каховским управлением водного хозяйства и управлением Каховского магистрального канала до 10 поливов за сезон. В практике водораспределения на Каховской оросительной системе в ряде случаев складывалась ситуация когда КПД межхозяйственной сети некоторых районных управлений водного хозяйства достигал и превышал значение единицы. Это объясняется забором УВХ воды не только из рабочего, а из резервного объема магистрального канала, который образуется благодаря сложной полигональной форме его поперечного сечения, что позволяет накапливать дополнительные объемы воды. Фактические и плановые объемы водоподачи по Каховскому магистральному каналу приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Плановые и фактические объемы водоподачи по Каховскому магистральному каналу

Год	Плановая водоподача, тыс.м ³	Фактическая водоподача, тыс.м ³
2010	716655	540031
2011	729630	711912
2012	748148	811300
2013	767231	831853
2014	812721	822327

Управление водой на Каховской оросительной системе осуществляется на основе планового водопользования – увязке потребностей водопользователей (сельскохозяйственных товаропроизводителей, предприятий водоснабжения) с режимом источника водных ресурсов, пропускной способностью и технической

способностью каналов и трубопроводов, производительностью насосных станций [3],[4].

Плановые объемы водозабора и водоподачи каждого районного управления водного хозяйства определяются протоколами о намерениях, которые оформляются между водопользователем и предприятием водного хозяйства до заключения договоров на подачу воды. В течение поливного сезона водопользователь за 5 дней подает заявку на воду в управление водного хозяйства, согласно календарному плану поливов, оплачивает заявленный объем воды по цене, согласованной договором. За день до полива водопользователь подтверждает готовность к проведению полива документом об оплате заявленного объема воды. Оформление заявок на воду, оплата, подтверждение готовности проведения поливов относятся к процессу оперативного планирования системного водопользования. Системные планы распределения воды могут корректироваться. Корректировка планов происходит в случаях: выпадения достаточного количества осадков для обеспечения растений влагой; аварии влекущей за собой длительное нарушение планового режима водоподачи; значительном уменьшении водоносности источника орошения; изменении специализации сельскохозяйственного производства на орошаемых землях, сопровождающемся изменением структуры посевных площадей [5]; отсутствии у значительного количества водопользователей средств для оплаты подачи воды им в точки выдела; неудовлетворительном техническом состоянии внутриводохозяйственной оросительной сети.

Выполнение и эффективность планового водопользования можно оценить системой технико-экономических показателей. Помимо традиционных показателей характеризующих работу оросительных систем, таких как объем водозабора и водоподачи, площадь и кратность поливов, удельная оросительная норма, ученые предлагают ряд показателей, которые характеризуют управление водораспределением и эффективность планового водопользования – таких как водообеспеченность и равномерность водоподачи [6],[7].

Организация водопользования на оросительных системах должна обеспечивать эффективное использование оросительной воды, минимизацию ее сбросов с полей, оптимальную влажность расчетного слоя почвы. Фактический объем воды, непосредственно на восполнение дефицита влаги для сельскохозяйственных культур должен быть равен их расчетному водопотреблению за вычетом используемых естественных ресурсов влаги в почве. В этом случае выполняется условие, когда коэффициент водообеспеченности водой сельскохозяйственных культур равен единице. Расчетным периодом может быть поливной сезон или часть поливного сезона (месяц, декада). В практике водораспределения используются расчеты «нарастающим итогом». Коэффициент водообеспеченности характеризует выполнение плана водоподачи как отдельному водопользователю или группе водопользователей (в нашем случае это УВХ или УГКМК), так и в целом по магистральному каналу:

- коэффициент водообеспеченности группы водопользователей или отдельного водопользователя:

$$K_{\text{в}} = \frac{W_{\text{факт}}}{W_{\text{план}}}$$

где $W_{\text{факт}}$, $W_{\text{план}}$ – фактическая и плановая водоподача (м^3);

- коэффициент водообеспеченности магистрального канала (МК):

$$K_{\text{в.МК}} = \frac{W_{\text{фактМК}}}{W_{\text{планМК}}}$$

где $W_{\text{фактМК}}$ – фактическая водоподача по каналу, $W_{\text{планМК}}$ – фактическая и плановая водоподача по магистральному каналу, м^3 .

Основопологающим положением водораспределения, вытекающим из принципа социальной справедливости, в настоящее время является принцип пропорциональности. Критерием оценки справедливости фактического распределения воды между водопользователями является коэффициент равномерности водоподачи. Максимальное значение коэффициента равномерности равно 1. Чем выше коэффициент равномерности водоподачи, тем справедливее происходит процесс водораспределения из магистрального канала;

- коэффициент равномерности водоподачи УВХ или отдельного водопользователя:

$$K_p = 1 - \frac{K_B - K_{B,МК}}{K_{B,МК}}$$

- коэффициент равномерности водоподачи из магистрального канала рассчитывается как среднее арифметическое коэффициентов равномерности водоподачи всех водопользователей (групп водопользователей):

$$K_{pМК} = \frac{\sum K_p}{n}$$

Величины коэффициентов водообеспеченности и равномерности водоподачи Каховского магистрального канала и водохозяйственных предприятий, функционирующих в зоне Каховской оросительной системы для каждого года анализируемого периода (2010-2014 гг.) а также метеоусловия этих лет, характеризующиеся количеством осадков (мм) и обеспеченностью осадками (%) приведены в таблице 3, на основании данных которой можно сделать выводы:

- исходя из благоприятных условий: достаточного объема водных ресурсов в источнике орошения (Каховское водохранилище), надежной работы головной насосной станции системы, высокого КПД оросительной сети коэффициент водообеспеченности каналов всех уровней оросительной системы должен быть стабильным и находится на высоком уровне. Фактические величины коэффициентов водообеспеченности у большинства водохозяйственных предприятий, в течение анализируемого периода, были подвержены колебаниям. Анализ корреляционной связи между выполнением плана водоподачи и годовым количеством осадков в зоне Каховской оросительной системы показал обратную зависимость между этими величинами различной степени силы (от -0,14 у УГКМК до -0,7 у Генического УВХ) у большинства водохозяйственных предприятий, за исключением Цюрупинского УВХ, где взаимосвязи не прослеживалось. Следовательно, можно говорить о влиянии количества осадков на показатель.

Таблица 3 – Показатели и условия водораспределения на Каховской оросительной системе в 2010-2015 гг.

Год	Показатели и условия водораспределения	Водохозяйственные предприятия									
		Херсонская область					Запорожская область				
		УГМК	Каховское УВХ	Горно-стаевское УВХ	Ново-троицкое УВХ	Цюрупинское УВХ	Чаплинское УВХ	Ивановское УВХ	Геническое УВХ	Акимовское УВХ	Мели-топольское УВХ
2010	Коэффициент водообеспеченности канала (K _к)	0,79	0,94	0,77	0,78	0,89	1,21	1,07	0,78	0,33	0,34
	Коэффициент водообеспеченности канала (K _{МКК})						0,75				
	Коэффициент равномерности водоподачи (K _р)	0,96	0,74	0,97	0,96	0,82	0,39	0,57	0,98	0,44	0,46
	Коэффициент равномерности водоподачи канала (K _{рМКК})						0,72				
2011	Количество осадков мм. (O _с)/обеспеченность, %	598,4 / 7%									
	Коэффициент водообеспеченности (K _к)	0,91	0,97	1,11	1,18	0,66	1,33	1,31	1,06	0,57	0,41
	Коэффициент водообеспеченности канала (K _{МКК})						0,97				
	Коэффициент равномерности водоподачи (K _р)	0,93	1,00	0,86	0,78	0,68	0,63	0,65	0,93	0,59	0,48
2012	Коэффициент равномерности водоподачи канала (K _{рМКК})						0,76				
	Количество осадков мм. (O _с)/обеспеченность, %	240,3 / 99%									
	Коэффициент водообеспеченности (K _к)	0,92	0,96	1,36	1,26	0,71	1,65	1,42	1,06	0,79	0,87
	Коэффициент водообеспеченности канала (K _{МКК})						1,08				
2013	Коэффициент равномерности водоподачи (K _р)	0,84	0,89	0,78	0,83	0,66	0,48	0,69	0,99	0,74	0,81
	Коэффициент равномерности водоподачи канала (K _{рМКК})						0,78				
	Количество осадков мм. (O _с)/обеспеченность, %	503,4 / 21%									
	Коэффициент водообеспеченности (K _к)	0,83	1,27	1,56	1,32	1,17	1,52	1,46	1,11	0,72	0,77
2014	Коэффициент водообеспеченности канала (K _{МКК})						1,08				
	Количество осадков мм. (O _с)/обеспеченность, %	342,7 / 68%									
	Коэффициент водообеспеченности (K _к)	0,73	1,05	1,40	1,36	0,92	1,80	1,52	1,00	0,72	0,71
	Коэффициент водообеспеченности канала (K _{МКК})						1,01				
2015	Коэффициент равномерности водоподачи (K _р)	0,73	0,97	0,61	0,65	0,91	0,28	0,50	0,99	0,75	0,74
	Коэффициент равномерности водоподачи канала (K _{рМКК})						0,68				
	Количество осадков мм. (O _с)/обеспеченность, %	340,1 / 72%									
	Коэффициент водообеспеченности (K _к)										

водообеспеченности. Также, на выполнение плана поливов влияет состояние внутрихозяйственной оросительной сети и способность водопользователей оплачивать услуги по подаче воды на орошение. Низкие показатели водообеспеченности управлений водного хозяйства Запорожской области (Мелитопольского и Акимовского) характеризуют недостаточный уровень планирования водопользования в этих управлениях;

- равномерность водоподачи Каховского магистрального канала оставалась относительно стабильной и варьировала в пределах от 0,68 до 0,76.

- значительное превышение фактических величин водоподачи над плановыми в некоторых УВХ приводит к резкому снижению равномерности водоподачи межхозяйственных распределителей.

При более глубоких исследованиях эффективности водораспределения и эксплуатации в целом, а также экономической эффективности выращивания сельскохозяйственных культур в зоне орошения будет целесообразен дальнейший анализ функционирования Каховской оросительной системы и её элементов (УВХ или отдельных водопользователей) с помощью системы технико-экономических показателей, таких как: себестоимость водоподачи, эффективность использования орошаемого гектара, эффективность использования оросительной воды и т.д. Расчет показателей водораспределения по отдельным периодам поливного сезона позволит определить их зависимость от режима работы насосных станций, сроков и норм проведения поливов.

Литература:

1. Костяков А.Н. Основы мелиорации / А.Н. Костяков – М.: Сельхозгиз, 1960. – 662 с.
2. Галямин Е.П. Конспект лекций по курсу «Эксплуатация гидромелиоративных систем» – М.: МГМИ, 1988. – 57 с.
3. Эксплуатация гидромелиоративных систем /М.Ф. Натальчук, В.И. Ольгаренко, В.А. Сурин – М.: Колос, 1995. – 320 с.

4. Киенчук А.Ф. Водораспределение на оросительных системах. – К.: - Урожай. 1989. – 176 с.
5. Эксплуатация гидромелиоративных систем / под ред. Н.А. Орловой – К.: "Вища школа", 1985. – 368 с.
6. Духовный В.А., Мирзаев Н.Н. Руководство по расчету и анализу показателей водораспределения/ В.А. Духовный, Н.Н. Мирзаев и др. – Ташкент, 2006. – 56 с.
7. Интегрированное управление водными ресурсами: от теории к реальной практике. Опыт Центральной Азии / под ред. В.А. Духовного, В.И. Соколова, Х. Мантритилаке – Ташкент: НИЦ МКВК, 2008. – 364 с.

**АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ**

В.А. Волосухин, доктор технических наук, профессор;

А.С. Кравченко, аспирант

*НОВОЧЕРКАССКИЙ ИНЖЕНЕРНО-МЕЛИОРАТИВНЫЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ А.К. КОРТУНОВА ФГБОУ ВПО "ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"*

г. Новочеркасск, Россия

Аннотация: в статье рассмотрены типы технических тканей зарубежного и российского производства, применяемые для изготовления геотекстильных контейнеров. Приведены результаты сравнения физико-механических свойств зарубежных и российских тканей. Обосновано перспективное применение отечественного материала. Представлены разработанные функциональные зависимости параметров контейнера для практического проектирования.

Ключевые слова: техническая ткань, геотекстильный контейнер, физико-механические свойства, проектирование.

Abstract: the article describes the types of technical fabrics foreign and Russian production, used for the manufacture of geotextile containers. The results of the comparison of physical and mechanical properties of Russian and foreign tissues. Grounded perspective prima tion of domestic material. The developed functional-functional dependence of the parameters of the container for practical designs-tion.

Tags: techno fabric, geotextile container mechanical properties, design.

Геотекстильные контейнеры, используемые в России, изготавливаются из тканного материала Geolon. Производитель тканого и высокопрочного геотекстиля Geolon голландская компания Ten Cate Nicolon.

Geolon представляет собой тканый геотекстиль, изготовленный из полос (лент) полипропилена (Geolon PP) или мультинитей полиэфира (Geolon PET).
 Функции, которые выполняет геотекстиль: армирование и укрепление, разделение грунта, стабилизация, а значит, распределение локальных нагрузок, препятствование вымыванию частиц почвы.

Таблица 1

Технические характеристики геоткани Geolon.

Характеристики	Ед. изм.	Тип геоткани Geolon						
		PP15	PP40	PP80	PP100S	PP120	PP200	PP 500
Максимальная прочность на разрыв								
Продольная/min	кН/м	16/14	40/39	88/80	110/100	132/120	220/200	550/500
Поперечная	кН/м	16	40	86	105	45	45	45
Удлинение								
Продольное	%	17	15	9	9	9	9	9
Поперечное	%	12	11	9	9	10	10	10

Таковыми же свойствами обладает фильтрационная высокопрочная ткань отечественного производства (Курская фабрика технических тканей), которая была испытана нами на разрывающие нагрузки и на растяжение. Были подобраны два образца тканей ТЛФ-5-2 и ТБГ-360 с наиболее близкими физико-механическими свойствами к геотекстилю Geolon PP.

Таблица 2

Технические характеристики отечественных тканей.

Тип ткани	Средняя разрывная нагрузка, кН/м		Относительное удлинение при нагрузке, %	
	по основе	по утку	по основе	по утку
Заводские данные				
ТБГ	72,0	72,0	30	30
ТЛФ-5-2	152,0	80,0	16	10
Данные по итогам испытаний				
ТБГ	85,0	75,4	4,0	4,0
ТЛФ-5-2	127,8	115,6	5,3	10,5

Проведя анализ физико-механических свойств отечественного материала, нами были подобраны геоткани Geolon PP, близкие по своим свойствам, и проведено их сравнение.

Таблица 3

Сравнение отечественных тканей с геотканями Geolon PP.

Тип ткани	Средняя разрывная нагрузка, кН/м		Относительное удлинение при нагрузке, %		Стоимость, м ² /руб.
	по основе	по утку	по основе	по утку	
ТБГ	72,0	72,0	30	30	70,0
Geolon PP 80	88	86	9	9	260,0
ТЛФ-5-2	152,0	80,0	16	10	190,0
Geolon PP 120S	132	125	9	9	320,0

По данным таблицы 7 можно говорить о том, что отечественный материал не уступает по своим параметрам зарубежным аналогам. Более того, в некоторых случаях его физико-механические свойства выше. При этом цена отечественного материала ориентировочно в два раза ниже.

Изготавливая геотекстильные контейнеры из отечественного материала и по российским стандартам, мы получаем экономический эффект.

Функциональные зависимости геотекстильных контейнеров представлены в работах [2, 4]. В работе [4] приведены графики отдельных зависимостей $\frac{H}{L}$, $\frac{h_0}{L}$, $\frac{T}{\gamma L^2}$ и др. как функции параметра θ (модулярного угла эллиптических интегралов). Следует отметить не высокую точность определения параметров геотекстильных контейнеров с помощью графиков. Ниже представлены расчетные линейные и нелинейные зависимости параметров контейнеров:

Эмпирическая линейная зависимость $\frac{H}{L} = f_1\left(\frac{2a}{L}\right)$ имеет вид:

$$\frac{H}{L} = 0,68846 - 1,54527 \frac{2a}{L}. \quad (1)$$

Статистика Фишера для линейного уравнения $F(1,37) = 950,19$; табличное значение равно $F_{0,05}(1,37) \approx 4,17$. Уравнение является значимым по

критерию Фишера. Коэффициент детерминации для линейного уравнения $R^2 = 0,9625$.

Нелинейная зависимость $\frac{H}{L} = f_1\left(\frac{2a}{L}\right)$ имеет вид полинома четвертой степени:
$$\frac{H}{L} = 1,59266 - 12,38409 \frac{2a}{L} + 45,25255 \left(\frac{2a}{L}\right)^2 - 80,96585 \left(\frac{2a}{L}\right)^3 + 54,71205 \left(\frac{2a}{L}\right)^4. \quad (2)$$

Статистика Фишера для нелинейного уравнения $F(4,34) \rightarrow \infty$; табличное значение равно $F_{0,05}(4,34) \approx 2,53$. Уравнение является значимым по критерию Фишера. Коэффициент детерминации для нелинейного уравнения $R^2 \approx 1,0$.

Линейная и нелинейная зависимости (1) и (2) являются значимыми по критерию Фишера. Нами рекомендуется нелинейное уравнение (2), поскольку оно имеет более высокий коэффициент детерминации. При предварительных расчетах может быть использовано уравнение (1).

Эмпирическая линейная зависимость $\frac{h_0}{L} = f_2\left(\frac{2a}{L}\right)$ имеет вид:
$$\frac{h_0}{L} = 0,32034 - 0,89694 \frac{2a}{L}. \quad (3)$$

Статистика Фишера для линейного уравнения $F(1,37) = 206,24$; табличное значение равно $F_{0,05}(1,37) \approx 4,17$. Уравнение является значимым по критерию Фишера. Коэффициент детерминации для линейного уравнения $R^2 = 0,8479$.

Нелинейная зависимость $\frac{h_0}{L} = f_2\left(\frac{2a}{L}\right)$ имеет вид полинома четвертой степени:
$$\frac{h_0}{L} = 1,25617 - 11,75756 \frac{2a}{L} + 43,70672 \left(\frac{2a}{L}\right)^2 - 75,96989 \left(\frac{2a}{L}\right)^3 + 51,34312 \left(\frac{2a}{L}\right)^4. \quad (4)$$

Статистика Фишера для нелинейного уравнения $F(4,34) \rightarrow \infty$; табличное значение равно $F_{0,05}(4,34) \approx 2,53$. Уравнение является значимым по критерию Фишера. Коэффициент детерминации для нелинейного уравнения $R^2 \approx 1,0$.

Эмпирическая линейная зависимость $\frac{H_0}{L} = f_3\left(\frac{2a}{L}\right)$ имеет вид:

$$\frac{H_0}{L} = 0,36812 - 0,64833 \frac{2a}{L}. \quad (5)$$

Статистика Фишера для линейного уравнения $F(1,37) = 2204,43$; табличное значение равно $F_{0,05}(1,37) \approx 4,17$. Уравнение является значимым по критерию Фишера. Коэффициент детерминации для линейного уравнения $R^2 = 0,9835$.

Нелинейная зависимость $\frac{H_0}{L} = f_3\left(\frac{2a}{L}\right)$ имеет вид полинома четвертой степени:

$$\frac{H_0}{L} = 0,33649 - 0,62654 \frac{2a}{L} + 1,54589 \left(\frac{2a}{L}\right)^2 - 4,99611 \left(\frac{2a}{L}\right)^3 + 3,36905 \left(\frac{2a}{L}\right)^4. \quad (6)$$

Статистика Фишера для нелинейного уравнения $F(4,34) \rightarrow \infty$; табличное значение равно $F_{0,05}(4,34) \approx 2,53$. Уравнение является значимым по критерию Фишера. Коэффициент детерминации для нелинейного уравнения $R^2 \approx 1,0$.

Эмпирическая линейная зависимость $\sqrt{\frac{T}{\gamma L^2}} = f_4\left(\frac{2a}{L}\right)$ имеет вид:

$$\sqrt{\frac{T}{\gamma L^2}} = 0,30848 - 0,66820 \frac{2a}{L}. \quad (7)$$

Статистика Фишера для линейного уравнения $F(1,37) = 2206,59$; табличное значение равно $F_{0,05}(1,37) = 4,17$. Уравнение является значимым по критерию Фишера. Коэффициент детерминации для линейного уравнения $R^2 = 0,9835$.

Нелинейная зависимость $\sqrt{\frac{T}{\gamma L^2}} = f_4\left(\frac{2a}{L}\right)$ имеет вид полинома четвертой

степени:

$$\sqrt{\frac{T}{\gamma L^2}} = 0,52872 - 3,20605 \frac{2a}{L} + 10,03358 \left(\frac{2a}{L}\right)^2 - 16,82489 \left(\frac{2a}{L}\right)^3 + 10,73517 \left(\frac{2a}{L}\right)^4. \quad (8)$$

Статистика Фишера для нелинейного уравнения $F(4,34) \rightarrow \infty$; табличное значение равно $F_{0,05}(4,34) \approx 2,53$. Уравнение является значимым по критерию Фишера. Коэффициент детерминации для нелинейного уравнения $R^2 \approx 1,0$.

Эмпирическая линейная зависимость $\frac{A}{L^2} = f_6\left(\frac{2a}{L}\right)$ имеет вид:

$$\frac{A}{L^2} = 0,10219 - 0,14452 \frac{2a}{L}. \quad (9)$$

Статистика Фишера для линейного уравнения $F(1,37) = 379,64$; табличное значение равно $F_{0,05}(1,37) \approx 4,17$. Уравнение является значимым по критерию Фишера. Коэффициент детерминации для линейного уравнения $R^2 = 0,9112$.

Нелинейная зависимость $\frac{A}{L^2} = f_6\left(\frac{2a}{L}\right)$ имеет вид полинома четвертой степени:

$$\frac{A}{L^2} = 0,07903 + 0,01580 \frac{2a}{L} - 0,27729 \left(\frac{2a}{L}\right)^2 + 0,52155 \left(\frac{2a}{L}\right)^3 - 1,33976 \left(\frac{2a}{L}\right)^4. \quad (10)$$

Статистика Фишера для нелинейного уравнения $F(4,34) \rightarrow \infty$; табличное значение равно $F_{0,05}(4,34) \approx 2,53$. Уравнение является значимым по критерию Фишера. Коэффициент детерминации для нелинейного уравнения $R^2 \approx 1,0$.

Эмпирическая линейная зависимость $\frac{B}{L} = f_7\left(\frac{2a}{L}\right)$ имеет вид:

$$\frac{B}{L} = 0,29018 + 0,40016 \frac{2a}{L}. \quad (11)$$

Статистика Фишера для линейного уравнения $F(1,37) = 8679,06$; табличное значение равно $F_{0,05}(1,37) \approx 4,17$. Уравнение является значимым по критерию Фишера. Коэффициент детерминации для линейного уравнения $R^2 = 0,9958$.

Нелинейная зависимость $\frac{B}{L} = f_7\left(\frac{2a}{L}\right)$ имеет вид полинома четвертой степени:

$$\frac{B}{L} = 0,31732 - 0,205246 \frac{2a}{L} + 0,10779 \left(\frac{2a}{L}\right)^2 + 1,18868 \left(\frac{2a}{L}\right)^3 - 1,53927 \left(\frac{2a}{L}\right)^4 \quad (12)$$

Статистика Фишера для нелинейного уравнения $F(4,34) \rightarrow \infty$; табличное значение равно $F_{0,05}(4,34) \approx 2,53$. Уравнение является значимым по критерию Фишера. Коэффициент детерминации для нелинейного уравнения $R^2 \approx 1,0$.

Эмпирическая линейная зависимость $\frac{B}{H} = f_8 \left(\frac{2a}{L} \right)$ имеет вид:

$$\frac{B}{H} = -1,79702 + 15,69491 \frac{2a}{L}. \quad (13)$$

Статистика Фишера для линейного уравнения $F(1,37) = 39,78$; табличное значение равно $F_{0,05}(1,37) = 4,17$. Уравнение является значимым по критерию Фишера. Коэффициент детерминации для линейного уравнения $R^2 = 0,5181$.

Нелинейная зависимость $\frac{B}{H} = f_8 \left(\frac{2a}{L} \right)$ имеет вид полинома четвертой степени:

$$\frac{B}{H} = 17,22682 - 279,9874 \frac{2a}{L} + 1777,774 \left(\frac{2a}{L} \right)^2 - 4822,331 \left(\frac{2a}{L} \right)^3 + 4843,894 \left(\frac{2a}{L} \right)^4. \quad (14)$$

Статистика Фишера для нелинейного уравнения $F(4,34) = 5035,13$; табличное значение равно $F_{0,05}(4,34) \approx 2,53$. Уравнение является значимым по критерию Фишера. Коэффициент детерминации для нелинейного уравнения $R^2 = 0,9983$.

Результаты расчетов сведены в таблицы 4 и 5 и представлены на рисунке 1.

Таблица 4.

**Линейные зависимости параметров геотекстильных контейнеров
от безразмерной величины $2a/L$**

Уравнение	Коэффициент детерминации R^2	Статистика Фишера $F(1,37)$
$f_1 = 0,68846 - 1,54527f_5$	0,9625	950,19
$f_2 = 0,32034 - 0,89694f_5$	0,8479	206,24
$f_3 = 0,36812 - 0,64833f_5$	0,9835	2204,43
$f_4 = 0,30848 - 0,66820f_5$	0,9835	2206,59
$f_6 = 0,10219 - 0,14452f_5$	0,9112	379,64
$f_7 = 0,29018 + 0,40016f_5$	0,9958	8679,06
$f_8 = -1,79702 + 15,69491f_5$	0,5181	39,78

Примечание: $f_1(\theta) = \frac{H}{L}$, $f_2(\theta) = \frac{h_0}{L}$, $f_3(\theta) = \frac{H_0}{L}$, $f_4(\theta) = \sqrt{\frac{T}{\gamma L^2}}$, $f_5(\theta) = \frac{2a}{L}$, $f_6(\theta) = \frac{A}{L^2}$,
 $f_7(\theta) = \frac{B}{L}$, $f_8(\theta) = \frac{B}{H}$.

аблица 5.

**Нелинейные зависимости параметров геотестильных контейнеров
от безразмерной величины $2a/L$**

Уравнение	Коэффициент детерминации R^2	Статистика Фишера $F(4,34)$
$f_1 = 1,59266 - 12,38409f_5 + 45,25255f_5^2 - 80,96585f_5^3 + 54,71205f_5^4$	$\approx 1,0$	∞
$f_2 = 1,25617 - 11,75756f_5 + 43,70672f_5^2 - 75,96989f_5^3 + 51,34312f_5^4$	$\approx 1,0$	∞
$f_3 = 0,33649 - 0,62654f_5 + 1,54589f_5^2 - 4,99611f_5^3 + 3,36905f_5^4$	$\approx 1,0$	∞
$f_4 = 0,52872 - 3,20605f_5 + 10,03358f_5^2 - 16,82489f_5^3 + 10,73517f_5^4$	$\approx 1,0$	∞
$f_6 = 0,07903 + 0,01580f_5 - 0,27729f_5^2 + 0,52155f_5^3 - 1,33976f_5^4$	$\approx 1,0$	∞
$f_7 = 0,31732 + 0,205246f_5 + 0,10779f_5^2 + 1,18868f_5^3 - 1,53927f_5^4$	$\approx 1,0$	∞
$f_8 = 17,22682 - 279,9874f_5 + 1777,774f_5^2 - 4822,331f_5^3 + 4843,894f_5^4$	0,9983	5035,13

Примечание: $f_1(\theta) = \frac{H}{L}$, $f_2(\theta) = \frac{h_0}{L}$, $f_3(\theta) = \frac{H_0}{L}$, $f_4(\theta) = \sqrt{\frac{T}{\gamma L^2}}$, $f_5(\theta) = \frac{2a}{L}$, $f_6(\theta) = \frac{A}{L^2}$,
 $f_7(\theta) = \frac{B}{L}$, $f_8(\theta) = \frac{B}{H}$.

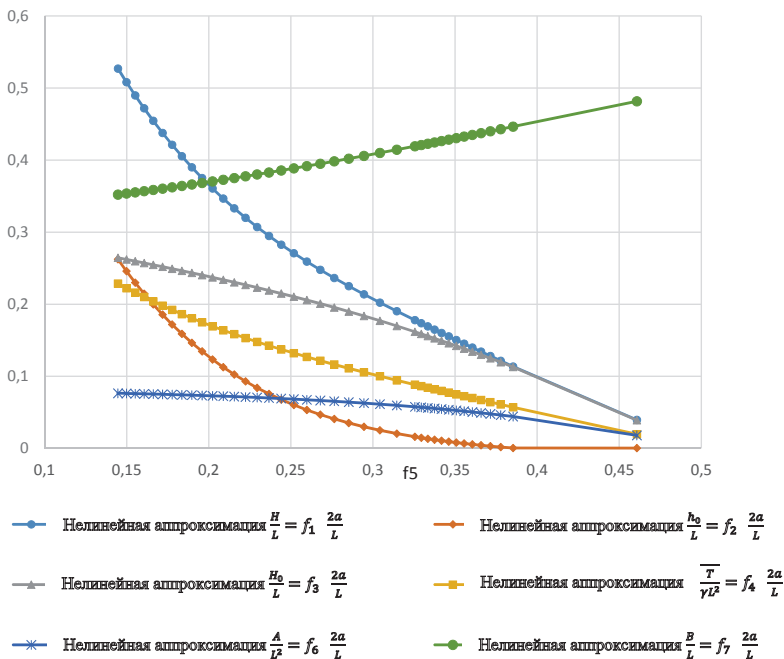


Рисунок 1. Сводный график функциональных зависимостей

В работе представлен расчет зависимости функциональных параметров геотекстильных контейнеров $f_1(\theta)$ - $f_4(\theta)$, $f_6(\theta)$ – $f_8(\theta)$ от функции $f_5(\theta)$.

Из приведенных зависимостей и построенным по ним графикам, наглядно видны зависимости всех функций от $f_5(\theta)$. Зная значение $f_5(\theta)$ – можно по графикам, без проведения математических расчетов определить величины всех остальных параметров функций $f_1(\theta)$ - $f_4(\theta)$, $f_6(\theta)$ – $f_8(\theta)$.

Как было показано выше, возможно рассчитать зависимости от любой из функций $f_1(\theta)$ – $f_8(\theta)$.

Список литературы:

1. Геосинтетические материалы в промышленном и гидротехническом строительстве: материалы Первой международной научно-технической конференции / Под ред. д-ра техн. наук, профессора Н.И. Ватина, канд.техн.наук О.И. Гладштейна. – СПб.: Изд-во «ТАНДЕМ», 2011. – 160 с.

2. Волосухин В.А., Меркулова Т.Н., Кравченко А.С. Основы расчета геотекстильных контейнеров из тканевых материалов высокой прочности // Приволжский научный журнал. – 2012. – № 2. – С. 50 – 57.

3. Волосухин В.А., Меркулова Т.Н., Кравченко А.С. Расчет геотекстильных контейнеров из полипропилена / Материалы международной научно-практической конференции «Техносферная безопасность». Ростов-на-Дону – Новомихайловский. – 2012. – Выпуск XIV. – С. 76-86.

4. Волосухин В.А., Кузнецов В.А. Основы теории и методы расчета тканевых сооружений мелиоративных систем: Монография. – Новочеркасск, НГМА, 2001. – 266 с.

5. Анахаев К.Н. Эллиптические интегралы в инженерных задачах // Строительство и архитектура, 2014. т. 2, в. 1(2). С. 58-63.

6. Анахаев К.Н. О методах расчета потенциальных (фильтрационных) потоков на основе эллиптических интегралов Якоби // Гидротехническое строительство, № 8, 2008. С. 7-9.

7. Геосинтетические материалы в промышленном и гидротехническом строительстве: материалы Первой международной научно-технической конференции / Под ред. д-ра техн. наук, профессора Н.И. Ватина, канд. техн. наук О.И. Гладштейна. – СПб.: Изд-во «ТАНДЕМ», 2011. – 160 с.

8. Волосухин В.А. К вопросу расчета мягких гидротехнических оболочек, находящихся в двухосном напряженном состоянии. В сб. «Мягкие конструкции гидротехнических сооружений». – Новочеркасск, ЮжНИИГиМ. – 1977. – Том XXVII. – С. 58-61.

**Автоматизация проектных работ при реконструкции русел
малых рек**

В.И. Заносова, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

С.Ю. Коломоец, аспирант

ФГБОУ ВО «АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ

УНИВЕРСИТЕТ»

г. Барнаул, Россия

В статье отражены основные принципы работы AutoCAD Civil 3D при камеральной обработке полевых материалов, на примере выправления русла реки Верхняя Тыхта Кемеровской области, которые позволяют значительно повысить эффективность труда инженеров.

The article reflects the basic principles of AutoCAD Civil 3D for use materials field studies, for example, when adjustment the valley River Upper Tyhta of Kemerovo Oblast, which can significantly increase the productivity of engineers.

Интенсификация горного производства, которой сопутствует увеличение производительности предприятий и образование глубоких шахт и карьеров, резко повышает значение теории и практики водоотлива, осушения месторождений и отвода русел рек. В период разработки месторождений, расположенных в поймах рек, необходимо сооружение руслоотводных канав. Это весьма трудоемкий процесс, требующий немалых капитальных затрат на расчетные, проектировочные и строительные мероприятия [1]. После разработки месторождения требуется создание искусственных русел, либо восстановление нарушенных земель, которое нормирует ГОСТ 17.5.3.04.- 83 [2].

К основным мероприятиям, обеспечивающим нормальное функционирование водоема в послерекультивационный период, относится

обеспечение высокой степени проточности (сквозное прохождение русла через водоем) и выполаживание надводной и подводной части берегов [3].

Выполнение геодезической съемки и последующая камеральная обработка данных являются неотъемлемой частью проектных работ, и влияют не только на качество, но и скорость выполнения самого проекта. Стремительный рост применения систем автоматизированного проектирования (САПР) в проектных организациях значительно сократил сроки проведения проектных работ и свел к минимуму однотипные решения по обработке проектной информации по средствам информационного моделирования.

AutoCAD Civil 3D – это САПР объектов инфраструктуры и выпуска документации, рабочие процессы в которой основаны на технологии информационного моделирования. Применение данной программы на практике позволяет инженеру – проектировщику в короткие сроки создать модель поверхности рельефа на основе данных, полученных в результате GPS съемки (что является наиболее точным), либо подгрузить данные из Google Earth, SRTM и тому подобных общедоступных ресурсов, разместить на полученной поверхности проектируемые объекты, рассчитать объемы строительных материалов и подготовить необходимую документацию. Основным отличием и преимуществом AutoCAD Civil 3D является динамичность проектируемой модели и соподчиненность ее отдельных частей.

Принцип работы AutoCAD Civil 3D рассмотрен на примере выправления русла реки Верхняя Тыхта Прокопьевского района Кемеровской области.

В результате оползания склона внешнего автоотвала горной породы, произошло подпруживание р. Верхняя Тыхта, в связи с чем, выше по течению, образовалось озеро длиной около 2 км и максимальной глубиной 1,1-1,2 м. Суть природоохранных мероприятий заключается в переносе русла реки от участка, где произошло подпруживание реки, в наиболее подходящее место.

Первоочередной задачей является получение картографического материала изучаемой местности. Для выправления русла р. Верхняя Тыхта была проведена топографо - геодезическая съемка.

Далее, на подгруженном в программу AutoCAD Civil 3D картографическом материале, стандартными средствами программы наносится проектная ось выплавляемого русла (рис. 1).

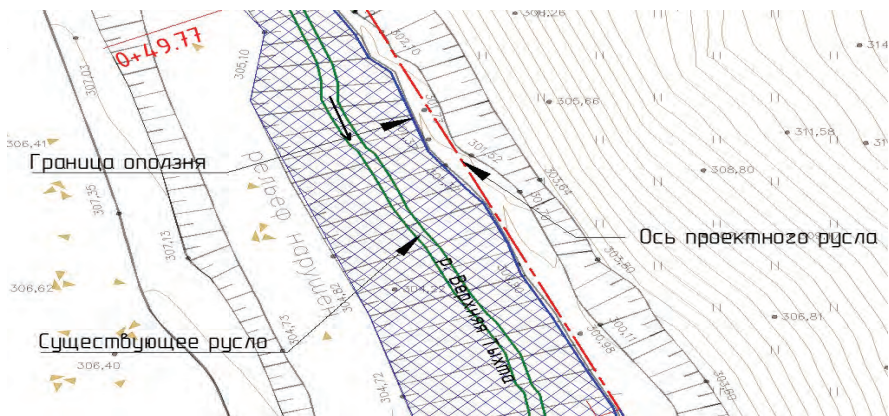


Рисунок 1. Нанесение оси проектного русла на картографический материал

Расположение проектной оси в плане должен удовлетворять следующим требованиям: проектное русло должно идти в обход оползня и исключать дальнейшую возможность его пересыпки, иметь наименьшее количество углов поворота, а сам рельеф вдоль проектного русла должен быть ровным, без сильных перепадов высот и освобожденным от застройки. Точки врезки проектного русла в существующее русло, по возможности, должно проходить на прямолинейном участке, то же самое относится и к его месту впадения в естественное русло реки. Соблюдая все эти требования, получаем, что участок выправления русла р. Верхняя Тыхта составляет 350 метров.

Второй этап заключается в построении продольного профиля существующей поверхности земли и вычерчивания проектного профиля выплавляемого русла (рис. 2).

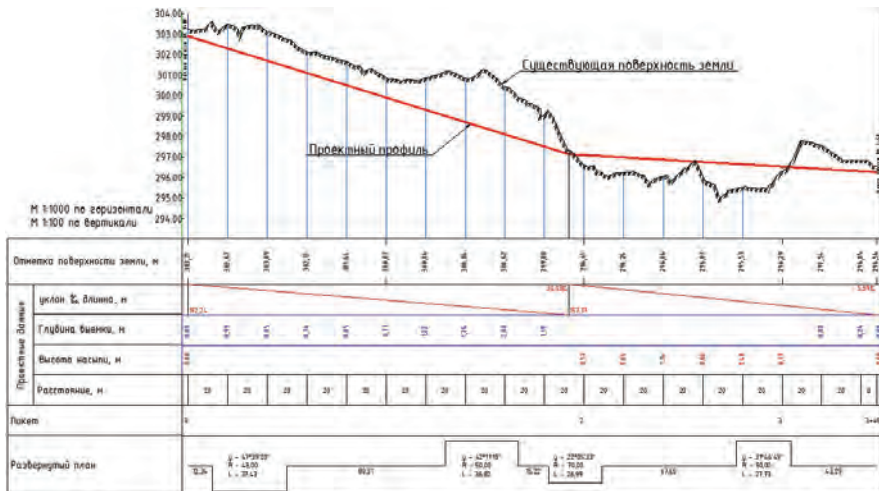


Рисунок 2. Продольный профиль на участке выправляемого русла

Вычерчивание продольного профиля существующей поверхности земли происходит в автоматическом режиме, а для его построения необходимо лишь указать программе проектную ось выправляемого русла, которая уже нанесена на план. Далее на автоматически созданном чертеже, инструментом создания профилей вычерчивается проектный профиль выправляемого русла. Начало и конец проектного профиля должны соответствовать началу и концу существующей поверхности земли, так как сопряжение проектного и существующего русла происходит «дно в дно». Проектный профиль выполняется в соответствии с нормами и правилами, в которых определен уклон продольного профиля в зависимости от грунтов слагающих дно проектного русла. При необходимости, вместо одной непрерывной линии, проектный профиль может состоять из отрезков с разными уклонами, тем самым обозначаются точки перелома. Другими словами, уклон дна проектного русла должен обеспечить необходимую скорость потока реки, не должно быть участков с размывающими или заиляющими скоростями. Кроме того

проектный профиль должен располагаться как можно ближе к существующей поверхности земли, обеспечив тем самым минимальный объем земляных работ.

После соблюдения всех требований и ручного вычерчивания проектного профиля, на чертеже автоматически отображается информация о существующих отметках поверхности земли и проектных отметках продольного профиля, уклон проектного профиля, глубина выемки и высота насыпи, а так же пикетаж, соответствующий пикетажу в плане. Все эти данные в автоматическом режиме снимаются с чертежа и заполняются в соответствии с графами боковика чертежа.

Третьим этапом построения является вычерчивание типового поперечного сечения. В связи с тем, что проектный профиль имеет уклон, то сечение на каждом участке проектного русла имеет разную глубину врезки в существующую поверхность. Тем не менее, средства AutoCAD Civil 3D позволяют вычертить универсальное поперечное сечение, в котором отдельные его характеристики в автоматическом режиме будут подстраиваться под конкретные условия. Вычерчивание поперечного сечения происходит отрезками с указанием параметров уклона и длины.

Максимально приближая характеристики проектируемого поперечного сечения к естественному сечению существующего русла, и учитывая то, что насыпные дамбы будут сложены из суглинистых грунтов (от этого зависит коэффициент заложения откоса), проектное поперечное сечение для выправления русла р. Верхняя Тыхта имеет следующие характеристики.

1. Для выемки:

- дно проектного русла - горизонтальный отрезок длиной 4 метра;
- откос - вектор с коэффициентом откоса $m=1.5$. В данном случае конец вектора - это существующая поверхность земли;
- поперечное сечение симметрично относительно оси.

2. Для насыпи:

- дно проектного русла - горизонтальный отрезок длиной 4 метра;
- внутренний откос - отрезок с коэффициентом заложения $m=1.5$ и высотой 1,3 метра;

- гребень дамбы - горизонтальный отрезок длиной 2 метра;
- внешний откос - вектор с коэффициентом заложения $m=1.5$. В данном случае конец вектора - это существующая поверхность земли;
- поперечное сечение симметрично относительно оси.

На основании полученных данных автоматически строится проектная поверхность русла. Проектная ось выправляемого русла реки имеет 4 угла поворота, проектный продольный профиль имеет одну точку перелома, вычерчен с уклоном 30‰ до и 5‰ после точки перелома, построены универсальные поперечные сечения для выемки и насыпи (рис. 3).

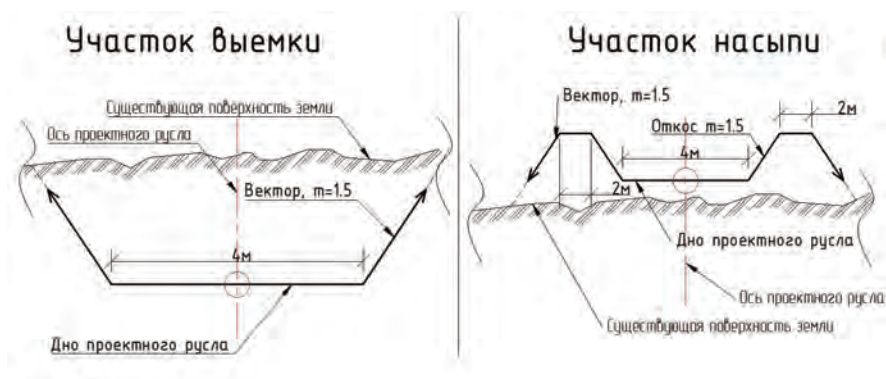


Рисунок 3. Поперечное сечение проектируемого русла реки

Вдоль оси проектного русла р. Верхняя Тыхта, с выбранными уклонами продольного профиля автоматически строится проектная поверхность, в котором через каждый метр применяется универсальное сечение. В данном случае сопряжение проектной поверхности и существующей поверхности земли осуществляется автоматически, так как в качестве внешнего откоса сечения указан вектор, а не отрезок. Ввиду того что, отметки проектной поверхности в местах сопряжения с существующей поверхностью земли между сечениями интерполируются, то чем чаще будет применено сечение тем точнее будет обрисовано сопряжения проектной поверхности (рис. 4).

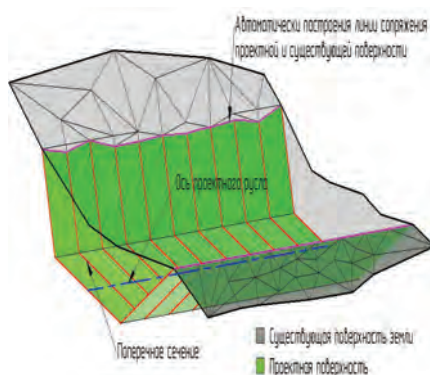


Рисунок 4. Существующая и проектная поверхность на участке выемки

Имея модель существующей поверхности земли и проектную поверхность можно вычислить необходимые объемы земляных работ. Объемы земляных работ представляются в таблице и автоматически определяются в результате сравнения двух поверхностей. В данном случае, в результате выправления русла реки Верхняя Тыхта на участке 350 метров, объем вынутого грунта составит – 2732 м³, а объем необходимый для отсыпки ограждающих дамб – 1742 м³.

Таким образом, применение AutoCAD Civil 3D позволяет в короткие сроки получить проектные решения, с необходимыми подсчетами объемов работ, а динамичность и соподчиненность отдельных частей модели позволяет оперативно вносить изменения на любых стадиях разработки проектов.

Библиографический список

1. Боярский, В.А. Водоотлив и осушение на горных предприятиях [Текст]: учеб. пособие / В.А. Боярский, И.П. Киров. – М.: Высш. шк., 1980. – 304 с.
2. Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель [Текст]: ГОСТ 17.5.3.04-83: утв. Пост. Гос. комитета СССР по стандартам от 30.03.83: введ. в действие с 01.07.1984 – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002 – 8с.
3. Томаков, И.И. Экология и охрана природы при открытых горных работах [Текст] / И.И. Томаков, В.С. Коваленко, А.М. Михайлова. – М.: Изд-во МГГУ, 1994. – 435 с.

С.В. КЛИМОВ, О. Л. ПИНЧУК

Национальный университет водного хозяйства и природопользования,
г. Ровно, Украина

**РЕКОНСТРУКЦИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ ЗОНЫ ИЗБЫТОЧНОГО
УВЛАЖНЕНИЯ С ЛОКАЛИЗАЦИЕЙ ИХ ДЕЙСТВИЯ**

В статье приведен вариант реконструкции гидромелиоративных систем в зоне избыточного увлажнения с уменьшением зоны их влияния на прилегающие территории и увеличением коэффициентом земельного использования при использовании дренажно-экранных модулей.

Реконструкция осушительных систем, дренажно-экранный модуль.

The article deals with the analysis of possible reconstruction of drainage systems in the humid zone with decreasing area of their influence on the surrounding area and the increasing rate of land use in the application drainage-screen modules.

Reconstruction of drainage systems, drainage-screened modules.

Мелиорированные земли являются основой сельскохозяйственного производства, а влияние, в частности, осушительных систем на прилегающие природно-территориальные комплексы значительно. Размер зоны влияния зависит от многих факторов – от гидрогеологических условий конкретной территории, глубины осушительной сети, др. и может быть от нескольких десятков метров до 2...3 км и более [1]. Это влияние, прежде всего, обусловлено понижением уровня грунтовых вод (УГВ) и влажности воздуха, которые вызывают крайние элементы осушительной сети, особенно нагорно-ловчие каналы.

Такое вмешательство человека в природные, сбалансированные в течение длительного периода времени, условия могут приводить как к положительным, так и к негативным изменениям, и не только непосредственно на площади системы, но и на прилегающих к ней территориях [2]. Особенно это ощущается

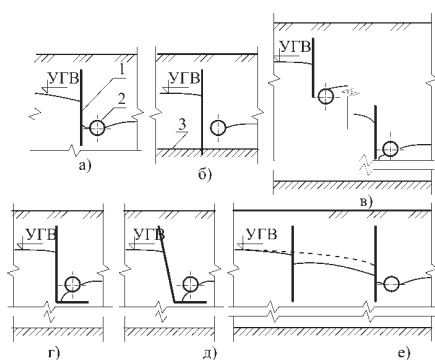
на осушительных системах (ОС) с односторонним регулированием (только отвод воды). Построенные ОС понижают УГВ на прилегающих территориях, что приводит к положительным изменениям примерно на 26% площадей зоны влияния, к негативным на 22%, нейтральным на 52% [3].

Поэтому решением данной проблемы занимались такие ведущие ученые как С.Ф.Аверьянов, Б.С. Маслов, А.М. Янголь, А.Д.Панадиади, К.Е. Иванов, А.И. Ивицкий, П.И. Пыленок, П.И.Коваленко, Б.И. Чалий, А.И. Тышенко, А.В.Яцик и др.

При планировании реконструкции ОС должна проводиться оценка рисков возникновения негативного влияния ОС, должны обосновываться меры по предотвращению или уменьшению изменений водного режима на прилегающих территориях, истощения водных ресурсов. Расчетные варианты должны охватывать наименее благоприятные, в частности летне-осенний, гидрологические периоды, характеризующиеся наибольшим понижением уровня грунтовых вод и учитывать возможность того, что при наличии двух и более систем, зоны их влияния могут накладываться, в результате чего произойдет более интенсивное совместное влияние осушительных систем на прилегающие территории в этих зонах.

Для обеспечения не нарушения экологического состояния прилегающих к ОС территорий были разработаны ряд способов – например, совместить нагорно-ловчий канал с осушительным и выполнить его на осушаемом массиве со смещением от внешних границ на расстояние от 20 до 200 м [4]. Мы также предлагаем во время реконструкции ОС провести усовершенствование оградяющей сети, или при ее отсутствии крайних дрен регулирующей сети [5]. Но защита осушаемого участка от притока избыточных грунтовых вод с прилегающих территорий должна проводиться не путем их перехвата и разгрузки в водоприемник, а перераспределением зон влияния дрены, то есть увеличением приема воды со стороны системы и уменьшение со стороны прилегающих территорий.

Для этого в НУВХП (Ровно) был разработан дренажно-экранный модуль (ДЭМ), который состоит из дрены и размещенного вертикально по всей ее длине противифльтрационного экрана (ПФЭ) (рис.1, а) [6]. За счет изменения положения и способа укладки ПФЭ относительно дрены существует возможность эффективно регулировать сопротивление ПФЭ, а соответственно проводить распределение зон влияния дрены в зависимости от конкретных гидрогеологических условий. При малых мощностях водоносного слоя рекомендуется углубление ПФЭ в водоупор (3) на 0,3...0,5 м (рис.1, б). При значительной глубине местного водоупора возможно или установить каскад экранов перед дренами, заложенными на разных глубинах (рис. 1, в), или увеличение пути фильтрации проводить устройством дополнительной горизонтальной (рис. 1, г), или размещенной под определенным углом части



экрана (рис. 1, д). При значительных расходах фильтрационного потока рекомендуется устройство на определенном расстоянии от основного одного или нескольких дополнительных ПФЭ (рис. 1, е).

Рис. 1. Схемы закладки ПФЭ ДЭМ

Для теоретического обоснования основных параметров ДЭМ нами были сделаны следующие предпосылки. Совместная работа ПФЭ и дрены в составе ДЭМ увеличивает длину линий тока при ее поступлении со стороны установки экрана. Грунтовая вода движется к дрене с двух сторон: q_1 – со стороны прилегающих территорий, где на ПФЭ создается верхний и нижний бьеф, и со стороны мелиорированного участка q_2 (рис. 2).

При определении характеристик фильтрационного потока учитываются потери напора на фильтрацию грунтовых вод от левого отсека к экрану (потери на расстояние) и потери на создание подпора (сопротивления) экраном

(местные потери), которые можно определить, используя основной закон ламинарного фильтрации (формула Дарси).

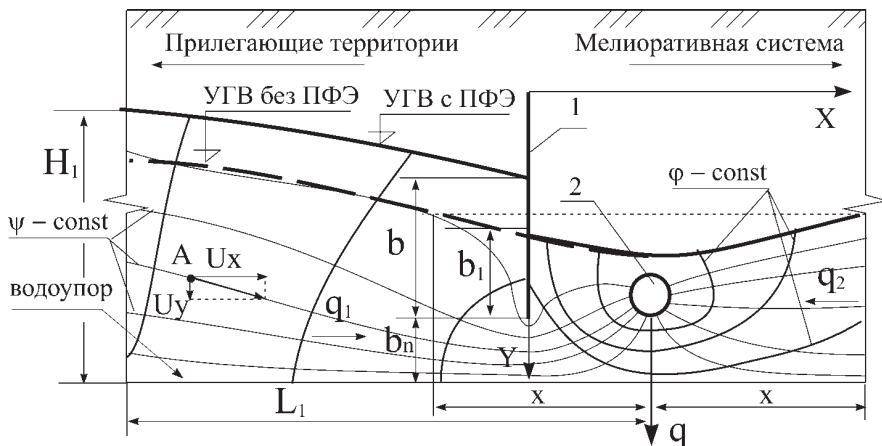


Рис. 2. Схема действия дренажно-экранного модуля: 1 – ПФЭ; 2 – дрена

В частности, для случая близко размещенного водоупора была получена следующая зависимость для определения стока из дрены в зависимости от параметров ДЭМ [7]:

$$q = k \left(\omega \frac{b - b_1}{b + b_1} + \frac{2\pi H_2 l}{\ln \frac{4t}{d} + C} \right), \quad (1)$$

где ω – площадь живого сечения потока под экраном (определяется по линии равного напора $\phi = \text{const}$); t – глубина закладки дрены, м, d – диаметр дрены, м; C – дополнительное фильтрационное сопротивление реальной дрены несовершенной по характеру раскрытия водоносного слоя.

Зависимость напора на ПФЭ со стороны прилегающих территорий, от напора со стороны дрены:

$$b_1 = -b \frac{(bn + b)^2 - H_1^2 + 2 \cdot bn \cdot L_1}{(bn + b)^2 - H_1^2 - 2 \cdot bn \cdot L_1}. \quad (2)$$

Анализ влияния геометрических параметров ПФЭ на его работу проведен в статье [8], где было показано, что на нижнем краю ПФЭ градиент падения напора стремится к бесконечности, а соответственно в пределах этой точки

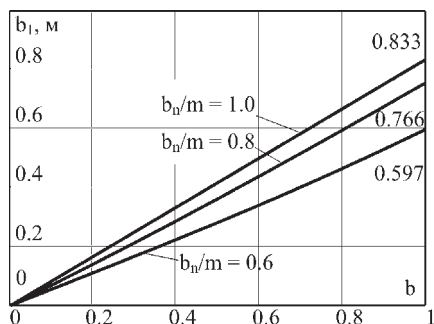


Рис. 3. Зависимость напоров на ПФЭ со стороны дрены b_1 от напора со стороны прилегающих территорий b при разном расстоянии до водоупора b_n

происходит максимальное падение напора. Поэтому положение нижнего края ПФЭ является решающим фактором на эффективность экрана, которая увеличивается при приближении его нижнего края к водоупору и является максимальной при углублении в водоупор.

Из работ Б.И. Харченка [9] и С.В.Ковалёва [10] видно, что для увеличения спада напора на ПФЭ его необходимо размещать возле дрены. При отдалении ПФЭ от дрены спад напоров на нем существенно уменьшается. Однако на расстояниях до 1 м, и особенно при расположении нижнего края экрана ниже уровня укладки дрены, это фактически не уменьшает эффективность перераспределение зон влияния дрены.

Для проверки адекватности математических моделей реальным процессам была проведена серия лабораторных исследований, в частности с использованием грунтовых моделей. Они подтвердили эффективность работы ПФЭ по перераспределению зон влияния дрены. Например, при грунтовом

питании и разных напорах в боковых отсеках лотка $H_1=0.9\text{м}$, $H_2=0.4\text{м}$, видно (рис.4), что дрена полностью перехватывает фильтрационный поток, который поступает с напорной зоны и вместе с тем обеспечивает необходимое дренирование поднапорной и напорной околосредных зон.

На основании проведенных аналитических и лабораторных исследований за основной можно принять вариант ДЭМ (рис. 2) с вертикальным ПФЭ, размещенным на расстоянии до 1м от дрена, который может быть реализованным с помощью экскаваторов-дреноукладчиков, в частности ЭТЦ-203.

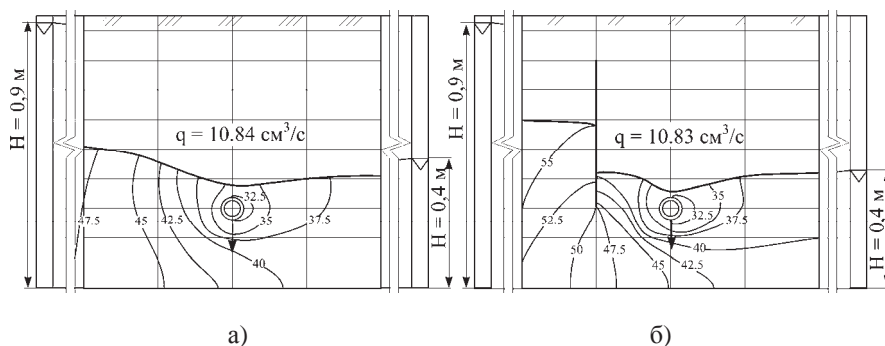


Рис. 4. Распределение напоров около дрена при грунтовом питании и разных напорах в лотках: а – без экрана; б – с экраном

Выводы

Усовершенствование конструкции ГМС в зоне осушения можно произвести выполнением ограждающей сети в виде дренажно-экранных модулей, чем минимизируется взаимное влияние грунтовых вод ГМС и прилегающих территорий за счет создания подпора экранированием и перераспределения зон влияния дрена, что также приведет к увеличению площадей под сельскохозяйственные угодья и к экономии затрат на строительство и эксплуатацию.

Спад напоров на ПФЭ увеличивается при приближении его нижнего края к водоупору и является максимальным при углублении экрана в водоупор. В этом случае УГВ ГМС и прилегающих территорий будут независимы. При укладке верхнего края экрана выше дрены более чем на 0,1 м при близком размещении ПФЭ от дрены его эффективность минимальна. Наиболее эффективным считается размещение ПФЭ на расстоянии 0,25 м от дрены.

Устройство ДЭМ производится укладкой ПФЭ в одном технологическом процессе с укладкой дренажных трубок модернизированным экскаватором-дреноукладчиком траншейным способом. При бестраншейной укладке дрены укладка ПФЭ может производиться также бестраншейным способом.

Климов Сергей Васильевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры водохозяйственного строительства и эксплуатации гидромелиоративных систем

Тел. +38 (098) 053-9790, E-mail: s.v.klimov@nuwm.edu.ua

Sergey Klimov, PhD, Associate Professor (National university of water management and nature resources use, Rivne)

Пинчук Олег Леонидович, кандидат технических наук, доцент кафедры водохозяйственного строительства и эксплуатации гидромелиоративных систем

Тел. +38 (096) 731-02-51 E-mail: pinchuk_oleg@ukr.net

Pinchuk O. L., PhD, (National university of water management and nature resources use, Rivne)

RECONSTRUCTION OF DRAINAGE SYSTEMS IN THE HUMID ZONE WITH LOCALIZATION OF THEIR ACTIONS

Литература

¹. **Пыленок П.И.** Изменение водного режима почв и водоохранные мероприятия в зоне влияния осушительных систем: автореферат дис. ... канд. техн. наук. М., 1985

- ². **Коваленко П.И., Чалый Б.И., Тышенко А.И.** Реконструкция мелиоративных систем. М.: Урожай, 1991.–168с
- ³. Справочник мелиоратора. М.: Россельхозиздат, 1976.–236 с.
- ⁴. Пат. 2233074 РФ. Способ мелиорации переувлажненных сельскохозяйственных земель / **Пыленок П.И., Бородычев В.В., Салдаев А.М.** // Опубл. 27.07.2004
- ⁵. Декларацийний патент на корисну модель 58819 МКИ Е 02 В 11/00. Дренажна екранно-модульна система / **Ткачук М.М., Ткачук Р.М., Клімов С.В.** №2002118728 Заявлено 04.11.2002; Видано 15.08.2003, Бюл. № 8. – 2 с.
- ⁶. Декларацийний патент на корисну модель 5329 МКИ Е 02 В 11/00. Дренажно-екранний модуль / **Кожушко Л.Ф., Ткачук М.М., Ткачук Р.М., Клімов С.В.** №2004010255 Заявлено 13.01.2004; Видано 15.03.2005, Бюл. № 3. – 2 с.
- ⁷. **Ткачук М.М., Клімов С.В.** Методика розрахунку параметрів дренажних модулів при проектуванні гідромеліоративних систем в гумідній зоні // Вісник РДТУ. Зб. наук. пр. Вип. 3 (16). – Рівне. – 2002. – С.89–99.
- ⁸. Дослідження розташування протифільтраційного екрану дренажно-екранних модулів відносно дрени. **Ткачук М.М., Клімов С.В., Яковець П.П., Немоловська Н.А.** // Вісник НУВГП. Зб. наук. праць. В.4(40) – Рівне, 2007., С.364–369
- ⁹. **Харченко Б.И.** Деформация и защита дренажно-сбросных каналов рисовых систем в пойме реки Дунай: Дис. канд. техн. наук: 06.01.02.– Ровно, 1980–279с.
- ¹⁰. **Ковалев С.В.** Способы уменьшения оросительной нормы риса в условиях почво-грунтов легкого механического состава. /На примере системы дельты р. Дуная/: Дис. канд. техн. наук: 06.01.02. – Ровно, 1975 – 243с

**Совершенствование организационно-экономического
механизма управления водными ресурсами**

Л.В. Левковская, доктор экономических наук, старший научный сотрудник

К.И. Рыжова, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник

*ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК УКРАИНЫ»,*

г. Киев, Украина

Н. Э. Ковшун, кандидат экономических наук, доцент

*НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ,*

г. Ровно, Украина

Государственно-частное партнерство рассматривается как экономический инструмент решения текущих проблем водного хозяйства Украины, который основан на развитии конкуренции и формировании договорных отношений между предприятиями водного хозяйства и органами местного самоуправления

Ключевые слова: государственно-частное партнерство, водное хозяйство, водоснабжение, водоотведение, частный сектор.

Public-private partnership is seen as an economic tool for solving the current problems of water management in Ukraine. It is based on the development of competition and the formation of a contractual relationship between water utilities and local governments
Keywords: public-private partnership, water management, water supply, sewerage, the private sector.

В экономике многих развитых, а в последние годы и развивающихся стран, возникла особая форма взаимодействия бизнеса и власти. Речь идет о партнерстве государства и частного сектора, который обозначается обычно термином Public-Private Partnership (PPP). В литературе принят термин "государственно-частное партнерство" (ГЧП). Бурное развитие различных

форм государственно-частного партнерства во всех регионах мира, их широкое распространение в самых разных отраслях экономики позволяют трактовать эту форму взаимодействия государства и бизнеса как характерную черту современной экономики [1].

Одной из основных задач государства на современном этапе становления государственно-частного партнерства является повышение привлекательности всех механизмов государственно-частного партнерства, попытка сделать их максимально доступными для бизнеса, сформировать основные составляющие и усовершенствовать нормативно-правовую базу для развития такого перспективного и нужного партнерства.

Частный бизнес и государство все активнее начинают вступать в сотрудничество в поисках новых путей решения задач общества в условиях партнерства. Каждая из сторон партнерства вносит свой вклад в общий проект. Так, вкладом бизнеса являются: финансовые ресурсы, профессиональный опыт, эффективное управление и использование ресурса, гибкость и оперативность в принятии решений, склонность к инновациям, развитию новых форм организации производства, создание новых предприятий, в том числе и с иностранным капиталом и прочее. Со стороны государства - это правомочия собственника, возможность налоговых и других льгот, гарантий, а также получения определенных финансовых ресурсов.

Вместе с тем развитие государственно-частного партнерства на основе формирования эффективных институтов взаимодействия бизнеса и государства пока очень слабо используется как инновационный инструмент, который способен влиять на экономический рост и качество жизни [2, с. 119]. Бизнес должен получить более действенную поддержку со стороны всех институтов развития форм государственно-частного партнерства.

Большое внимание проблемам и перспективам становления государственно-частного партнерства уделяли такие отечественные и зарубежные ученые как: В.А. Голян, М.В. Дерябина, И.А. Драган, Н.Г. Дудко, В.Н. Мочальников, М.А.Хвесик, В.И. Якунин и другие. Как показывают

исследования, во многих странах государственно-частное партнерство в инфраструктурных отраслях (водо-, тепло-, газо-, электроснабжения, водоотведения и т.д.) получили широкое распространение недавно - в 80-90-х годах прошлого века. При этом накопленный опыт свидетельствует как об успехах так и неудачи государственно-частного партнерства. Поэтому необходимо с осторожностью относиться к выбору форм государственно-частного партнерства, тщательно оценивая выгоды и риски.

Целью статьи является исследование разнообразия форм, механизмов и сфер применения государственно-частного партнерства как экономического инструмента решения текущих проблем водохозяйственного комплекса.

В современных рыночных условиях достичь успеха можно только в реализации социально значимых проектов, при этом необходимо объединить усилия государства и бизнеса. Это должно быть в обязательном порядке взаимовыгодное партнерство, сотрудничество, направленное на развитие государства, общества и экономики в целом, в том числе и водного хозяйства.

Сегодня государственно-частное партнерство является актуальным во всех сферах экономики, в том числе и в водохозяйственном комплексе, в частности в связи с углублением тенденций расточительного водопользования, ростом убытков от вредного воздействия вод, ухудшением качества воды в водных объектах, существенным снижением инвестирования водного хозяйства и ослаблением научно-информационного обеспечения принятия управленческих решений в водохозяйственной деятельности. Обострению этих проблем способствовало возникновение диспропорции отношений собственности на водный фонд и водохозяйственный комплекс вследствие проведенных и в целом не завершенных институциональных преобразований в 90-е годы прошлого века. С одной стороны, водные объекты, составляющие водный фонд страны, почти полностью сохранили свой правовой статус как государственная (муниципальная) собственность, а с другой - водохозяйственный комплекс в результате разгосударствления и приватизации приобрел различные формы собственности, характерные данной сфере.

Создание партнерства обуславливает разделение между государством и частным бизнесом экономических, инвестиционных, организационных, управленческих функций в отношении объектов систем водохозяйственного комплекса. Сами объекты могут оставаться в государственной собственности, а могут переходить в собственность частных компаний, но в любом случае их функционирование остается под контролем государства. Отметим, что главная цель создания объединений водохозяйственных предприятий - накопление финансовых ресурсов для реализации масштабных капиталоемких проектов, которые могут обеспечить эффективное привлечение водных ресурсов в процесс воспроизводства капитала, а также более результативное их восстановление и охрану.

При привлечении частных инвестиций уменьшается нагрузка на бюджет, и освобождаются финансы, которые можно будет направить на другие финансовые цели. Таким образом, государство получает более благоприятную возможность заняться выполнением своих основных функций - контролем, регулированием, соблюдением общественных интересов.

Но возможность привлечения инвестиций это не единственный и даже не самый важный ресурс частного бизнеса. Водохозяйственному комплексу сегодня нужны в первую очередь современные управленческие технологии, инновационные технические решения и элементы реальной конкуренции. Все это может оказать частный бизнес и стать движущей силой развития отрасли.

Мировая практика финансирования реализации предпринимательских проектов в сфере водопользования убеждает в целесообразности имплементации в отечественную практику институтов государственно-частного партнерства. Именно государственно-частное партнерство дает возможность консолидировать усилия государства и частного бизнеса по реализации масштабных водохозяйственных и водоохраных проектов. Неоспоримое преимущество этой формы предпринимательства - сохранение государственного (муниципального) управления хозяйственными объектами, приватизация которых в условиях нестабильности базовых институтов

рыночной экономики может представлять угрозу по доступности водных ресурсов широким слоям населения [3].

В последние годы в странах Западной Европы наблюдается устойчивое развитие проектов государственно-частного партнерства – численность стран, которые желают или уже активно применяют данный механизм взаимопомощи, неуклонно растет. Так, по данным Всемирного банка за период 1990-2009 гг. в странах с низким и средним уровнем доходов было реализовано 715 проектов в секторе водоснабжения и канализации на сумму 60,280 млрд. долларов США. Данные проекты охватывали 61 страну. Первое место среди форм используемых государственно-частным партнерством занимают проекты «с нуля» (Greenfield project), второе место - концессии. Но при этом с помощью концессий привлечено в данный сектор 38687 млн. долларов США инвестиций, а «с нуля» - 12788 млн. долларов США [4].

В странах, которые являются членами Организации экономического сотрудничества и развития, за период с 1994-2007 гг. было реализовано 362 проекта в инфраструктурном секторе с использованием государственно-частного партнерства, в том числе 45 проектов в секторе водоснабжения и водоотведения. Средний срок заключенных контрактов составил 18 лет [5].

Но, есть спорные вопросы, связанные с привлечением частного сектора к управлению водохозяйственным комплексом. Поэтому, создание эффективно функционирующей системы мониторинга и контроля деятельности частных компаний позволит достичь экономического эффекта для общества от государственно-частного партнерства, который заключается в том, что потребители получают более качественную продукцию и высокий уровень обслуживания при сокращении затрат. Так Молина Е.В. отмечает, что «...государственно-частное партнерство в секторе водоснабжения и канализации в США и Канаде привело к снижению затрат на 10-40%, в Шотландии - на 20%, в Ирландии - на 25-30%»[6, с.65]. С приходом в отрасль частного бизнеса прежде всего связывается надежда на увеличение капитальных вложений в модернизацию и обновление основных фондов

отрасли. Спрос на услуги водоснабжения и водоотведения достаточно стабилен и может только увеличиваться в дальнейшей перспективе, что повышает актуальность государственно-частного партнерства в водном секторе.

Важно также отметить, что создание государственно-частного партнерства позволяет привлечь к управлению инфраструктурными объектами частных инвесторов, не отчуждая при этом общественную собственность в частную. Компетентные органы оставляют за собой роль в определении стратегии развития коммунальной инфраструктуры и задач коммунального обслуживания потребителей и обеспечивают контроль за их выполнением. И наконец, процесс партнерства не пожизненный: по окончании указанного в контракте срока или по исключительным обстоятельствам, которые возникли в период действия контракта, системы коммунальной инфраструктуры вновь переходят в полное ведение местных органов власти [8].

Существует ряд факторов, которые актуализируют механизм государственно-частного партнерства для отрасли водоснабжения и водоотведения. К ним относятся:

- дефицит водных ресурсов;
- необходимость внедрения инноваций и повышения эффективности;
- ограниченность бюджетных средств и потребность привлечения частных инвестиций;
- возможность передачи коммерческих рисков проектирования и строительства объектов частному сектору.

Государственно-частное партнерство в целом рассматривается как взаимовыгодное сотрудничество государства и частного бизнеса в реализации социально важных проектов водного хозяйства, но реализуется оно в самых разнообразных формах. Наиболее распространенной формой государственно-частного партнерства в Украине государственно-частные предприятия. Участие частного сектора в капитале государственного предприятия может предполагать акционирование (корпоратизацию), создание совместных предприятий, а также подписание договоров о совместной деятельности.

Одной из наиболее развитых, перспективных и комплексных форм государственно-частного партнерства в мировой практике является концессия. Достаточно сказать, что мировая юридическая и экономическая практика концессионных форм хозяйствования насчитывает более 150 лет. История формирования концессий уходит корнями во времена Древней Греции и Римской Империи.

Концессии - это наиболее развитая, перспективная и комплексная форма партнерства. Во-первых, они, в отличие от контрактных, арендных или иных отношений, носят долгосрочный характер, что позволяет обеим сторонам осуществлять стратегическое планирование своей деятельности. Во-вторых, в концессии частный сектор обладает более полной свободой в принятии административно-хозяйственных и управленческих решений. В-третьих, у государства в рамках как концессионного договора, так и законодательных норм остается достаточно рычагов воздействия на концессионера в случае нарушения им условий концессии, а также при возникновении необходимости защиты общественных интересов. В-четвертых, государство передает концессионеру только права владения и пользования объектом своей собственности, оставляя за собой право распоряжения ею, таким образом, концессия является альтернативой приватизации [9].

Для успешного функционирования концессионной формы одно из необходимых условий – наличие сильного государства. Опыт показывает, что там, где государство способно отстаивать интересы общества (развитые страны, в первую очередь, США, Канада, Франция, Великобритания, Германия, Австралия) и поставить законодательные и институциональные препятствия на пути злоупотреблений частных компаний, концессии достигают своих целей и обеспечивают повышение эффективности социально-производственной инфраструктуры. В тех странах, где функции государственного контроля недостаточно сильные, иногда возникают скандальные разоблачения злоупотреблений переданными в концессию объектами государственной собственности (Аргентина, Мексика).

Действительно, благодаря государственно-частному партнерству органы власти могут освободиться от процесса управления производством (а в случае, например, концессии - от заботы по вложению инвестиции в соответствующие виды имущества) и сосредоточиться на регулировании отрасли и контроля за качеством предоставления услуг. Частный предприниматель, для которого данная деятельность является профессиональной, будет искать пути ее оптимизации.

Решение о применении определенной модели и формы государственно-частного партнерства необходимо принимать для каждого отдельного случая, исходя из уровня обеспеченности отдельных территорий водными ресурсами, их доступности и возможностей воспроизведения. При принятии решения важно определить, по какому виду взаимодействия частного и государственного капитала надежность водоснабжения и водоотведения, качество обслуживания потребителей, а также эффективность предприятия будут максимальными [10].

Разнообразие форм, механизмов и сфер применения государственно-частного партнерства делают его универсальным инструментом для решения целого ряда задач – ведь оно может осуществляться как на краткосрочной так и на долгосрочной основе, в зависимости от цели, масштаба и сложности решения задач. Качество государственно-частного партнерства зависит от уровня нормативно-правовой базы, компетентности персонала и размера взаимной выгоды участников, ресурсов привлекаемых для совместной деятельности

При выборе форм партнерских отношений необходимо иметь в виду два аспекта:

- 1 – экономическая целесообразность (формы, целесообразные с точки зрения трех факторов риска: управление, коммерческий и инвестиционный риск);
- 2 – юридическое обоснование (формы, применение которых возможно в Украине на основе сложившегося государственного, регионального и местного законодательства).

Как правило, государственно-частное партнерство радикально меняет хозяйственные связи и отношения между властью и бизнесом в лучшую сторону, способствуя плодотворному сотрудничеству и снижению вероятности возникновения различных видов конфликтов. Таким образом, постепенная рыночная ориентация водного хозяйства, зрелость рыночных и гражданских отношений, а также необходимость реализации инновационного подхода в развитии водохозяйственного комплекса обуславливают совершенствование организационно-экономического механизма управления водными ресурсами в направлении государственно-частного партнерства. Последнее является той институциональной формой сотрудничества государства и бизнеса, при которой за государством остаются основные рычаги регулирования и контроля, а частный сектор дает дополнительные инвестиционные источники для финансирования водохозяйственных проектов, получая при этом определенный набор гарантий со стороны государства. Путем государственно-частного партнерства государство сможет решить проблемы водохозяйственного сектора, на которые не хватает государственного финансирования, без потери контроля над ними; а частные партнеры - получить доступ к государственным активам для повышения эффективности их использования в сфере водопользования, ранее для них недоступной. Повышение эффективности применения объектов государственной собственности в сфере водопользования способствует улучшению качества услуг в этой сфере.

Библиографический список

1. **Частно-государственное партнерство: состояние и перспективы развития в России:** Аналитический доклад [электронный ресурс]. – М.: Институт экономики РАН, Национальный инвестиционный совет, 2006. – 14 с. – Режим доступа: <http://institutiones.com/general/1079-gosudarstvenno-chastnoe-partnerstvo.html>).

2. **Голян В.А.** Перспективи впровадження інститутів державно-приватного партнерства у сферу водокористуванн [Текст] / В.А. Голян // Вісник

Національного університету водного господарства та природокористування. – 2009. – Випуск 3 (47). – С. 117-123.

3. **Голян В.А.** Державно-приватне партнерство в інституціональній архітектоніці водокористування: світовий досвід та вітчизняні реалії [Текст] / В.А. Голян, Агросвіт. – 2009. – №5. – С. 8-15.

4. **Water and sewerage Sector – Private Infrastructure Database** [Electronic recourse]. – 2011. – Mode of access: http://ppi.worldbank.org/explore/ppi_exploreSector.asp?sectorID=4. – Date of access: 08.01.2011.

5. **Araujo S.** Public-Private Partnerships and Investment in Infrastructure / S. Arauj, D. Sutherland // Economics Department Working Papers No.803. – Paris: OECD, 2010. – 41 p.

6. **Молина Е.В.** Социально-экономическое развитие региона на основе государственно-частного партнерства [Текст] / Е.В. Молина // Прометей. — 2008. — № 2(26). — С. 63-69.

7. **Державно-приватне партнерство у Франції** [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://twinning-water-services.org.ua/ua/documents/other-documents/>.

8. **Мартусевич Р.А.** Государственно-частное партнерство в коммунальном хозяйстве [Текст] / Р.А. Мартусевич, С.Б. Сипаев, Д.Ю. Хомченко. – М.: Фонд «Институт экономики города», 2006. – 240 с

9. **Бутник О.О.** Аналіз розвитку державно-приватного партнерства в Україні. / О.О. Бутник [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=709>

10. **Кумец Н.Ю.** Экономический механизм развития водопроводно-канализационного хозяйства города с привлечением внебюджетных источников финансирования: авторе. дис. на соискание ученой степени канд. экон. Наук: спец. 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством: экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами (строительство)» / Н.Ю. Кумец. – Санкт-Петербург, 2008. – 22 с.

Эрозия склонов как один из факторов экологической обстановки бассейнов малых рек

***Б.И. Корженевский, кандидат геолого-минералогических наук,
Н.В. Коломийцев, кандидат геолого-минералогических наук, доцент
ФГБНУ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ ИМЕНИ А.Н. КОСТЯКОВА», г. Москва, Россия***

В работе рассмотрены взаимозависимость современной морфологии склонов, их эродлируемости и ее влияние на загрязненность водных объектов. Техногенные объекты являются источниками как повышения, так и сокращения эрозионной активности. Воздействие человека на склоны может рассматриваться в качестве элемента: а) их естественной эволюции; б) давления человека на природу.

Ключевые слова: склоны, эродлируемость, загрязненность, водные и техногенные объекты, малые реки, почвы, мониторинг земель, экосистемы.

The paper discusses the dependence of modern morphology of the slopes, their erodibility and its impact on the pollution of water objects. Man-made objects are sources as increase and reduce erosion activity. Human impacts on the slopes can be considered as an element of their: a) natural evolution; b) the element of human pressure on the environment.

Keywords: slopes, erodibility, pollution, water and man-made objects, small rivers, soil, land monitoring, ecosystems.

В условиях современного освоения склонов их техногенно обусловленное состояние определяет эродлируемость, загрязненность, а также транзит и аккумуляцию загрязнителей в пределах склонов. Одной из важнейших задач эрозионных исследований является оценка эрозионной опасности земель. Опасными считаются такие земли, на которых сочетание природных условий (климата, рельефа, почв, подстилающих пород, осадков, хозяйственной деятельности) в совокупности с техногенным воздействием создают возможность проявления эрозии. Наибольшее распространение в мире получили водная и ветровая эрозии почв (соответственно 56 и 28 %), третье место занимает химическая деградация (загрязнение) почв (12 %) [1].

Как правило, при оценке негативного воздействия эрозии почв главное внимание уделяется потерям их плодородия и, как следствие, потери урожая. При этом игнорируются другие последствия почвенной эрозии: заиление и

загрязнение водоемов, нарушение структуры и снижение устойчивости ландшафта к негативным воздействиям и др. Миграция веществ и поступление их в водные объекты приводят к загрязнению этих объектов различными химическими элементами и соединениями. Одно из ведущих мест занимает комплекс вопросов, связанных с эрозионно-аккумулятивной деятельностью, в том числе вопросов соотношения между эрозионной и транспортирующей способностью водных потоков и поступлением в реки твердого материала со склонов (продуктов эрозии почв).

Несмотря на то, что для ряда территорий существует достаточно много экспериментальных данных о смыве почв по типам рельефа, для некоторых объектов эти данные отсутствуют [2, 3]. В этом случае следует использовать морфометрические показатели рельефа в количественном выражении. Для этого составляются шкалы балльной оценки каждого показателя. Степень проявления эрозии определяется по следующим шести группам: 1 – очень слабая, 2 – слабая, 3 – умеренная, 4 – значительная, 5 – сильная и 6 – катастрофическая (таблица 1) [4]. Также можно использовать логико-графическую схему эволюции склонов в ходе эволюционно-аккумулятивных процессов, которая показывает, что форма склонов является отражением этих процессов, а функция формы склона освещается посредством логистического уравнения, описывающего связь отметок склона с их длиной [5].

На «ступенчатом» склоне, на котором чередуются пологие и крутые участки, возможность эрозии резко уменьшается, т. к. террасы поглощают энергию потока. Потенциальная опасность развития эрозии почв прежде всего определяется крутизной и длиной склонов. Для условий орошения (таблица 2) разработаны градации интенсивности эрозионных процессов в зависимости от уклона и коэффициента горизонтального расчленения [6].

Таблица 1 – Балльная оценка морфометрических показателей рельефа

Категория уклона поверхности, град.	Коэффициент горизонтального расчленения, км/км ²	Глубина местных базисов эрозии, м	Балл	Интенсивность эрозионных процессов
0–1	0,0–0,5	0–15	1	Очень слабая
1–3	0,6–1,0	15–50	2	Слабая
3–8	1,1–1,5	50–100	3	Умеренная
8–15	1,6–2,0	100–200	4	Значительная
15–30	2,1–2,5	200–600	5	Сильная
Более 30	Более 2,5	Более 600	6	Катастрофическая

Таблица 2 – Интенсивность эрозионного процесса в зависимости от уклона, коэффициента горизонтального расчленения

Уклон поверхности земли	Коэффициент горизонтального расчленения	Интенсивность эрозионного процесса
0,00–0,02	0,0–0,5	Очень слабая
0,02–0,05	0,6–1,0	Слабая
0,05–0,08	1,1–1,2	Умеренная
0,09–0,1	1,3–1,5	Значительная
Более 1	> 1,6	Сильная
Примечание – Коэффициент горизонтального расчленения поверхности – отношение длины горизонтали к прямой, соединяющей ее концы.		

Многообразие и сложность почвенного покрова, его особое место в природе и агропромышленном комплексе требуют комплексной агроэкологической оценки и группировки для рационального использования земель. Для этих целей используются: 1) данные мониторинга земель, базирующиеся на результатах последних землеустроительных, почвенных, геоботанических, гидрологических, агрохимических, эрозионных, фитосанитарных и других обследований и изысканий; 2) сведения о размещении на этих землях сельскохозяйственных культур; 3) информация о продуктивности земель за последние 3–5 лет.

При группировке земель необходимо соблюдать два принципа: множество почвенных разновидностей должно быть сведено к минимальному числу внутренне однородных групп; эти группы должны иметь существенные агроэкологические различия. Разработана агроэкологическая оценка и проведена группировка земель [7]. Для условий малых рек бассейна средней и

верхней Оки выделены четыре категории земель, близких по рельефным, почвенно-эрозионным, гидрогеологическим и агротехническим условиям и по потребности в проведении мелиоративных работ (таблица 3). Водосборы малых рек бассейна средней и верхней Оки по большинству параметров являются типичными лесоаграрными ландшафтами центральной части Русской равнины.

Таблица 3 – Агроэкологическая оценка земель бассейна реки Любожихи (приток реки Оки)

Категория земель	Крутизна склонов	Тип смытости почв, земли			
		Южные и западные экспозиции		Северные и восточные экспозиции	
		Средний многолетний смыв со склонов пахотных земель, м ³ /га в год			
1	< 3	Несмытые и среднесмытые	< 13	Несмытые	< 8
2	3-5	Сильносмытые	13-25	Средне- и сильносмытые	8-13
3	5-8	Сильносмытые	> 25	Сильносмытые	> 13
4	> 8	Долинно-балочные и овражные земли	Нет пашни	Долинно-балочные и овражные земли	Нет пашни

Приведенные в таблице 3 данные показывают, что при оценке эрозионной опасности земель существенную роль в смытости почв играет экспозиция склонов. Механизм переноса загрязнителей и самоочищения определяется морфометрическими и гидрологическими характеристиками и гидрохимическим режимом водоема, видами техногенного воздействия. Особая роль в процессах самоочищения рек принадлежит пойменным территориям. Пойма реки делится на три части: прирусловую – наиболее крутую и расчлененную, центральную – более протяженную, занимающую среднюю часть, и притеррасную – наиболее заниженную и заболоченную часть с наличием стариц и озер. Это определяет высокую сложность структуры их почвенного покрова. В системе экологического мониторинга речного бассейна учет роли пойменных территорий – необходимое составное звено, которое позволит более рационально вести сельскохозяйственное использование пойм. Учет состоит в следующей последовательности операций:

- анализ площадного развития морфоэлементов поймы;
- анализ почвенно-растительного покрова пойм;
- анализ использования пойменных земель;
- анализ гидрологического режима пойменных территорий;
- анализ загрязненности пойменных почв.

При мониторинге возникает необходимость выделения эталонных бассейнов рек, более глубокого изучения формирования их экосистем, гидробиологического режима, определения продуктивности земель [8]. Существуют различные подходы к типизации рек на основе учета закономерного изменения гидробиологических характеристик по течению реки и ландшафтных особенностей водосборных бассейнов рек.

Реакция экосистем любого ранга зависит от того, в какой мере экологическое состояние окружающей среды адекватно условиям ее гомеостаза, под которым понимается относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней структуры экосистемы. Гомеостаз предполагает сохранение устойчивости экосистемы в условиях воздействия ряда факторов. При этом воздействие каждого фактора или их совокупности может быть оценено как минимальное, когда оно не вызывает реакции (возмущения) экосистемы, и максимальное, последствиями которого могут быть деградация экосистемы в целом или даже ее гибель и переход по сути в новую экосистему. Диапазон между минимальным и максимальным уровнем воздействия факторов представляет собой предел толерантности экосистемы, т. е. тот диапазон изменения уровня воздействия, в пределах которого система способна за счет своих адаптационных возможностей противостоять изменяющему ее внутреннее состояние воздействию.

По мнению В. Т. Трофимова, Д. Г. Зилинга, Т. А. Барабошкиной и др. [9], оптимальной на современном этапе является четырехранговая оценочная структура, разработанная для экосистем [10]. Каждому интервалу, характеризующему реакцию живых организмов или экосистемы, должен соответствовать некоторый интервал, определяющий в заданных пределах

изменение уровня внешнего воздействия. В этой же четырехранговой схеме его целесообразно градуировать в виде ряда воздействий: «слабое – умеренное – сильное – опасное». В общем виде изложенный подход отражен в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Принципиальная схема взаимоуязванной оценки состояния окружающей среды и экосистемы [9]

Оцениваемая система	Категория (уровень)			
	I	II	III	IV
Экосистема	Экологическая норма	Экологический риск	Экологический кризис	Экологическое бедствие
Литосфера и ее компоненты	Удовлетворительное состояние	Условно удовлетворительное состояние	Неудовлетворительное состояние	Катастрофическое состояние
Количество территориального ресурса	Высокое	Среднее (повышенное)	Пониженное	Низкое
Условия жизнедеятельности человека	Комфортные	Дискомфортные	Сильно дискомфортные	Опасные
Состояние здоровья человека	Здоровое	Напряжение	Утомление	Болезнь

Таблица 5 – Категории воздействий на окружающую среду по В. Т. Трофимову, Д. Г. Зилингу, Т. А. Барабошкиной и др. [9] с изменениями и дополнениями

Оцениваемое воздействие	Категория (уровень)			
	I	II	III	IV
1	2	3	4	5
Ресурсное воздействие	Слабое	Умеренное	Сильное	Опасное
Геодинамическое воздействие	Слабое	Умеренное	Сильное	Опасное
Геохимическое воздействие, в т. ч.: загрязнение донных отложений	Слабое	Умеренное	Сильное	Опасное
	Слабое	Умеренное	Сильное	Чрезмерное
Геофизическое воздействие	Слабое	Умеренное	Сильное	Опасное

Современное воздействие человека на склоны можно оценивать двояко: 1) мы «давим на природу»; 2) человек со всеми его воздействиями является естественным элементом эволюции. Склонные ко второму, авторы отмечают, что в одних ситуациях эрозия активизируется вследствие деятельности

человека: распашек, промышленного и гражданского строительства и др., а затем осуществляется борьба с эрозией. В других случаях – наоборот: противоэрозионные мероприятия осуществляются одновременно с началом прочих видов воздействия на природную среду. В идеальном случае эрозионные процессы и борьба с ними происходят по аналогии с природными процессами: в начале – интенсификация процесса, в завершении – достижение склоном такой структуры, которая не позволяет территории эродироваться. При антропогенном воздействии этот цикл обычно происходит намного быстрее природного.

Нарушение равновесия эрозионно-аккумулятивных процессов при техногенной эволюции на территории бассейна вызывает изменения существующего баланса, которые проявляются в накоплении в водной системе органического и минерального вещества, в увеличении темпов осадконакопления и оказывают прямое ухудшающее влияние на состав донных отложений. Пики интенсивности седиментации сопровождаются пиками развития фитопланктонных сообществ и хорошо коррелируют с эрозионным поступлением органических и минеральных веществ [11]. При другом соотношении внешних факторов воздействие может иметь и улучшающий характер. Это особенно характерно для техногенно нагруженных территорий, когда эрозионный сток «разбавляет» загрязненные наносы, поступающие с сопредельных, как правило, высоко урбанизированных земель. Это подтверждается нашими исследованиями по изучению загрязнения донных отложений рек тяжелыми металлами и мышьяком. Так, например, в районе г. Ногинска содержание кадмия в донных отложениях (фракция менее 20 мкм) реки Клязьмы выше города составляло в 2003 году 15,66 мг/кг, в городе – 11,43 мг/кг, ниже города 7,28 мг/кг (таблица 6). Это происходит вследствие поступления твердого «условно чистого» стока с территории города и нижележащих территорий. Авторы располагают многими подобными примерами. Методика изучения загрязнения донных отложений водных объектов изложена в [12].

Таблица 6 – Очищение донных отложений (фракция < 0,020 мкм) вследствие разбавления «чистым» эродируемым материалом

№ пп	Место отбора проб	Cd, мг/кг	Hg, мг/кг	Pb, мг/кг	Zn, мг/кг
1	р. Клязьма, выше г. Ногинска, дер. Оселок, левый берег	15,66	2,77	77	868
2	р. Клязьма, г. Ногинск, мост, левый берег	11,43	3,51	84	845
3	р. Клязьма, ниже г. Ногинска, выше р. Шерны, левый берег	7,28	1,86	61	603

Влияние пойменных земель на состояние водных объектов также двояко. С одной стороны, широкие поймы являются улучшающим фактором. Осаждая большинство взвешенных частиц в период половодья, они способствуют улучшению экологической обстановки ниже по течению, т. е. снижают результирующую техногенного воздействия. Такие примеры многочисленны, и в этом главная экологическая роль пойм водных объектов. В то же время интенсивное сельскохозяйственное использование пойменных земель нередко приводит к ухудшению экологической ситуации нижележащих водных экосистем, когда накопившиеся загрязняющие вещества поступают в водотоки. Это, прежде всего, характерно для сельскохозяйственных территорий, где влияние промышленных сточных и коммунальных вод весьма незначительно.

Таблица 7 – Загрязнение донных отложений (фракция < 0,020 мкм) материалом, эродируемым с пойменных земель

№ пп	Место отбора проб	Cd, мг/кг	Hg, мг/кг	Pb, мг/кг	Zn, мг/кг
1	р. Клязьма, ниже г. Орехово-Зуева, правый берег	9,54	0,65	59	411
2	р. Клязьма, дер. Войнова гора, правый берег, ниже поймы	10,56	0,87	75	517

Заключение. В бассейнах с минимальным техногенным воздействием морфология склонов определяет транзит загрязнителей в пределах постоянных и временных водотоков, а в некоторых обстоятельствах и их аккумуляцию. В бассейнах, в которых ведется интенсивная хозяйственная деятельность, искусственно созданная морфология склонов урбанизированных территорий

может определять как загрязнение в зонах аккумуляции, так и очищение в зонах смыва загрязнителей и их транзита. На участках интенсивного антропогенного воздействия многие склоновые процессы достигают равновесного состояния гораздо быстрее, чем на участках без хозяйственной деятельности.

Библиографический список

1. Керженцев, А. С. Функциональная экология / А. С. Керженцев. – М.: Наука, 2006. – 259 с.
2. Барабанов, А. Т. Научные основы управления эрозионно-гидрологическим процессом / А. Т. Барабанов // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса. – 2014. – № 1 (33). – С. 1–5.
3. Барабанов, А. Т. Теория и практика разработки систем агросомелиоративных почвозащитных мероприятий в адаптивно-ландшафтном земледелии / А. Т. Барабанов // Известия ОрГАУ. – 2014. № 4 (48). – С. 38 – 31.
4. Романова, Э. П. Опыт мелиоративного картирования эрозионноопасных местностей зарубежных территорий / Э. П. Романова // Оценка и картирование эрозионноопасных и дефляционноопасных земель. – М.: МГУ, 1973. – С. 46–50.
5. Гаршинев, Е. А. Эрозионно-гидрологический процесс. Теория и модели [Текст] / Е. А. Гаршинев. – Волгоград: ВНИАЛМИ. – 1999. – 196 с.
6. Мелиорация и водное хозяйство. Т. 6. Орошение: справочник / И. П. Айдаров, К. П. Арент, В. П. Баякина [и др.]; под ред. Б. Б. Шумакова. – М.: Колос, 1990. – 415 с.
7. Киселева, О. Е. Противозерозионное обустройство склоновых земель в бассейнах малых рек на основе ГИС-технологий / О. Е. Киселева, Н. В. Коломийцев // Природообустройство. – 2010. – № 1. – С. 21–27.
8. Ткачев, Б. П. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы: аналитический обзор / Б. П. Ткачев, В. И. Булатов; ГПНТБ СО РАН. – Новосибирск, 2002. – 114 с.
9. Экологические функции литосферы / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг, Т. А. Барабошкина [и др.]; под ред. В. Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 432 с.
10. Виноградов, Б. В. Биотические критерии выделения зон экологического бедствия России / Б. В. Виноградов, В. А. Орлов, В. В. Снакин // Известия РАН. Серия географическая. – 1993. – № 5. – С. 77–89.
11. Мизандронцев, И. Б. Химические процессы в донных отложениях водоемов / И. Б. Мизандронцев. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1990. – 176 с.
12. Коломийцев, Н. В. Интегральные критерии для оценки экологического состояния донных отложений водных объектов / Н. В.

Коломийцев, Т. А. Ильина// Мелиорация и водное хозяйство. – 2009, – № 5. – С. 39–42.

Сведения об авторах

Корженевский Борис Игоревич – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Москва, Российская Федерация.

Контактный телефон: 8-965-302-14-99.

E-mail: 542609@list.ru

Korzhenevskii Boris Igorevich – Bachelor of Science, Senior Scientist, All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russian Federation.

Contact telephone number: 8-965-302-14-99

E-mail: 542609@list.ru

Коломийцев Николай Владимирович – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Москва, Российская Федерация.

Контактные телефоны: 8-985-434-93-92, 8-499-153-72-92.

E-mail: science@vniigim.ru

Kolomiytsev Nikolay Vladimirovich – Bachelor of Science, Scientific Secretary, All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russian Federation.

Contact telephone number: 8-985-434-93-92, 8-499-153-72-92

E-mail: science@vniigim.ru

УДК [528.9:577.4:681.3:631.6]

**АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ИОННОГО СТОКА БУХАРСКОГО ОАЗИСА
УЗБЕКИСТАНА**

**Л.З.Шерфединов доктор геолого-минералогических наук, старший
научный сотрудник**

**Б.Т.Курбанов, кандидат физико-математических наук, старший
научный сотрудник Х.М.Якубова, Б.Б.Курбанов**

Аннотация

В статье проанализированы особенности ионного стока Бухарского оазиса. Продемонстрировано, что водообеспечение оросительных систем оазиса базируется на регулируемом стоке с головным водозабором из р.Амударьи и р.Зарафшан. Приведены результаты расчетов при подсчете среднего значения коэффициента трансформирования водного стока по Бухарской области.

Summary:

In article features of an ionic drain of the Bukhara oasis are analysed. It is shown that water supply of irrigating systems of an oasis is based on an adjustable drain with a head water intake from the Amu Darya River and the river Zarafshan. Results of calculations at calculation of average value of coefficient of transformation of a water drain for Bukhara area are given.

Усиливающийся из года в год дефицит водных ресурсов, обострившийся в новой геополитической обстановке в регионе, и ухудшающееся качество речных вод делают особенно актуальной проблему утилизации ионного стока оазиса и области из-за её социально-экологической, экономической значимости для национальных интересов Узбекистана. Коллекторно-дренажные воды среднего и нижнего течения бассейна р. Амударьи не имеют единого стоко- и солеприемника и распластаваются по всей площади бассейна. На этой территории по данным анализа материалов космических съемок

сформировались и продолжают формироваться многочисленные локальные стоко- и солеприемники. Они периодически высыхают, образуя солончаковые поверхности. Такие образования в настоящее время занимают тысячи гектаров пастбищ и земель лесного фонда. Солончаки сами по себе не представляют интереса для кормопроизводства, в том числе не приносят пользы и диким животным. Эти накопленные экологические ущербы продолжают наращаться, так как ежегодно с коллекторно-дренажными водами в местные солеприемники выносятся до 20-25 миллионов тонн солей

Бухарский оазис, расположенный в нижнем течении р.Зарафшан, располагает фондом орошаемых земель на 2001 г. примерно 310,64~ 205 тыс.га. [1.2].

Водообеспечение орошаемых земель осуществляется из двух источников- р.Амударья и р.Зарафшан [3], в соотношении примерно два-три к одному.

Амударьинская вода, судя по производительности насосных станций Хамза I (66,4 м³/с) и Хамза II (150 м³/с) (по первоначальным проектировкам; [3, с.193], в верхнем пределе может составить 6,8 км³/год в притоке оазиса. Зарафшанская вода ниже Навоийского гидроузла –это возвратный сток, объем которого оценивается в зависимости от времени года в 1,3 ÷1,5 км³. Однако общий водозабор в оазисе в 19997-2002 г.г варьировался [1,2 от 3,3 км³/год в маловодный год) до 4,6 км³/год (многоводный).

В водообеспечении Бухарского оазиса доминирует Аму-Бухарский магистральный канал. Канал функционирует совместно с Тудакульским (~1,0 км³) и Куюмазарским (~0,04 км³) водохранилищами. В Куюмазарском водохранилище ниже аккумулируется также сток из р.Зарафшан. Тудакульское водохранилище занимает площадь одноименной впадины, дно которой заполнял обширный солончак.

Вода Амударьинских каналов I и II очереди поступает в Шафрианский, Хорхурский, Дуабинский и Хачкабский гидроузлы и от них распределяется по оросительным системам по площади оазиса [3].

Смешение амударьинской и зарафшанской вод происходит в основном в Шафрианском, Хархурском и Хачкабском гидроузлах. Часть запасов Куюмазарского водохранилища отводится в р.Каракульдарья. Так что водообеспечение оросительных систем оазиса базируется на регулируемом стоке с головным водозабором из р.Амударья и р.Зарафшан.

По данным [2], приведенным в таблице 1.3 (с.9), водозабор области составлял соответственно в 1997-4,6; 1998-4,0; 1999-4,1; 2000-4,0; 2001-3,3; 2002-4,0 км³ или в среднем за шестилетие 4,0 км³.

По этому же источнику [2, с.12] сток коллекторно-дренажных вод составлял по годам: 1997-1,8; 1999-2,2; 2001-1,5; 2002-2.1 км³, а в среднем 1,98 км³.

Коэффициент трансформирования водного стока, как в работе [4, с.73] названа доля коллекторно-дренажных вод от водозабора, составляет по годам: 1997-0,398; 1998-0,575; 1999-0,431; 2001-0,454; 2002-0,527; а в среднем 0,477±0,09.

Данный параметр фиксирует уровень суммарного испарения в водном бюджете области и оазиса, с одной стороны, а с другой- возврат изъятых из источников орошения в водные объекты (реку Амударью или бессточные наливные озера). Такова его функция в имитационной модели трансформирования оросительных вод по работе [4]. По этой модели коэффициент трансформирования оросительных вод часто коррелирует с испарительным концентрированием растворенных в них солей и как-то контролирует ионный сток. По [4, с.75] коэффициент трансформирования ионного стока (θ) определяется из соотношения

$$\theta = R_j C_j / R_i C_i, \quad (1)$$

где R_j и R_i - отток с и приток на орошаемый массив (оазис), C_j и C_i - минерализация оттекающих и притекающих вод.

Вычислительный оператор трансформирования оросительных вод определяется по формуле

$$\alpha = R_j / R_i, \quad (2)$$

Эта формула была применена выше при подсчете среднего значения коэффициента по Бухарской области.

По формулам (1 и 2) оценим характер трансформирования водного и ионного стока правобережных орошаемых массивов (р.Зарафшан) по данным [2,с. 26]. В этой части оазиса коэффициент трансформирования оросительных вод составляет

$$A=991,4*10^3/1927*10^3\text{м}^3=0,514$$

По этому же источнику коэффициент трансформирования ионного стока здесь на правобережье оазиса оценивается так

$$\Theta=2709,9/2732,2=0,992$$

В среднем за пятилетие с оросительной водой на правобережье оазиса поступало 2732,2 тыс.т. солей в год, а минерализация вод достигала 1,42 г/дм³. Такая величина минерализации оросительных вод имела место из-за смешения зарафшанской и амударьинской воды, тогда как минерализация последней колебалась в пределах 1,14÷1,29 г/дм³ [2, с.27].

В этом же периоде и на этой же территории вынос солей составлял 2709,9 тыс.т. в год, а минерализация коллекторно-дренажных вод в среднем не превышала 2,79 г/дм³.

В силу общности гидротехнической организации оазиса и правобережных орошаемых массивов, что обуславливается смешением вод магистральных каналов и водохранилищ в Шафрианском и Хархурском гидроузлах, очевидно, можно пролонгировать расчетные характеристики водного и ионного стока правобережья, конечно, с какими-то допусками, на весь оазис. Из этого вывода следует, что и ионный сток оазиса, как и правобережья, практически стабильны - приток и отток растворенных солей практически уравновешен. При оценочной минерализации оросительной воды ~1,42 г/дм³ приток солей в область составляет примерно (4,0 км³х1.42 г/дм³) 5 млн.т. в год. Судя по коэффициенту трансформирования ионного стока, отток солей примерно равен притоку, т.е. 5.7 млн.т. в год. Сброс коллекторно-дренажных вод оазиса и области осуществляется в бессточное озеро Денгизкуль, а через Соленое озеро

по коллектору Парсанкуль –в р.Амударью. Ряд наливных бессточных озер наполняется сбросами коллекторно-дренажных вод с Северо-Западной части оазиса и области.

Сброс колекторно-дренажных вод в р.Амударью запрещен по Чорджоускому соглашению между Узбекистаном и Туркменистаном (1993 г). Денгизкуль переполняется. С этого ракурса проблема утилизации ионного стока оазиса и области из-за её социально-экологической значимости становится все более актуальной. Конечно, её разрешение, в основном, направлено и на ликвидацию засоления орошаемых земель и в последующем - предотвращение такового.

Очевидно, что переформатирование нынешнего стабильного состояния ионного стока в рассоляющий режим требует разработки инновационной научной и технологической основы.

Литература

1. . Курбанов Б.Т., Шерфединов Л.З., Лесник Т.Ю. Оценка и анализ многолетних статистических материалов по водообеспеченности, водопотреблению и водопользованию на орошаемых территориях Республики Узбекистан//Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий. Сборник научных трудов. Выпуск 5. Москва-Рязань 2012, с.421-426.
2. Иригация Узбекистана. Том III/Ташкент: Фан, 1979.-с.358
3. Абдуллаев И.Х., Якубов М.А. Проблемы водосбережения и мелиорации орошаемых земель Бухарского оазиса/Ташкент – Фан, 2006-с.140
4. Ходжибаев Н.Н., Шерфединов Л.З. Вопросы гидрогеологического прогнозирования в аридных областях/Ташкент-Фан, 1982-с.178

УДК [528.9:577.4:681.3:55.011.56]

**ГЛАВНЫЕ ЦЕЛЕВЫЕ ПРЕДНАЗНАЧЕНИЯ СОЛЕОТВОДЯЩЕГО
ТРАКТА ПРАВОБЕРЕЖЬЯ Р.АМУДАРЬИ**

**Б.Т.Курбанов, кандидат физико-математических наук, старший
научный сотрудник**

**Л.З.Шерфединов доктор геолого-минералогических наук, старший
научный сотрудник Б.Б.Курбанов**

Национальный центр геодезии и картографии Госкомземгеодезкадастра,
г.Ташкент, Республика Узбекистан.

Аннотация

В статье проанализированы основные целевые предназначения солеотводящего тракта правобережья р.Амударьи. Результаты анализа нашли отражение на выборе трассы солеотводящего тракта.

Summary:

In article the main target destinations of a path for removal of salts of a right bank of the Amu Darya River are analysed. Results of the analysis found reflection on a choice of the route of a path for removal of salts

В работах [1-4] были освещены научно-технические основы схемы солеотводящих сетей, являющейся актуальной, социально, экономически и экологически значимой для Республики Узбекистан. Реализация солеотводящих сетей будет способствовать рациональному использованию водных ресурсов, устойчивому развитию сельского хозяйства в Республике Узбекистан в условиях дефицита водных ресурсов и ухудшения их качества. Рассмотрим более детально целевые предназначения предлагаемого солеотводящего тракта.

В первую очередь, по видимому, следует обратить внимание на то обстоятельство, что солеотводящий тракт предназначен для солеотведения с

орошаемых массивов с целью недопущения их засоления, а также недопущения формирования по периметру таковых ареалов засоленных ландшафтов.

Во вторых, на правом берегу среднего течения и в нижнем течении Амударьи солеотводящий тракт призван предотвращать формирование солончаков на пустынных территориях, используемых в качестве пастбищ или в лесном фонде.

В третьих, и что немаловажно, мобилизовать рассредоточенный коллекторно-дренажный сток так, чтобы обеспечить его попуски в чашу Аральского моря, ее глубоководную часть. Оценочно объем мобилизованного коллекторно-дренажного стока достигнет 3,0-4,0 км³ в год. Это в свою очередь позволит поддерживать площадь остаточного водоема примерно в 3,0-4,0 10³ км².

В четвертых, Узбекистан сможет предотвращать сброс маргинальных (коллекторно-дренажных, сточных, озерных и др.) вод в Амударью, в том числе и аварийных сбросов. Это существенно отразится на качестве речных вод среднего и нижнего течения в лучшую сторону. Улучшение качества речных вод позволит внедрить систему водосбережения, сохранить требования на воду отраслей водохозяйственного комплекса этих регионов страны.

В пятых, на всей трассе тракта можно будет организовать лесозащиту как самого солеотводящего тракта от заносов песками, так и окружающих территорий пустыни. В лесозащитных полосах, по нашим оценкам, повысится влажность, более мягким ожидается температурный режим и т.д., что положительно отразится на продуктивности биоценозов целом.

Перечисленные обстоятельства отражаются на выборе трассы солеотводящего тракта.

Если на правом берегу среднего течения тракт является водо-, солесборником, то соответственно он приурочивается к низинам глинистой пустыни. Так как здесь определяющим фактором предстает максимизация площади водо- и солесбора.

В пределах пустынных территорий нижнего течения трасса тракта просматривается в двух вариантах – западном и восточном, а также в третьем – как совокупность западного и восточного (рис. 1).

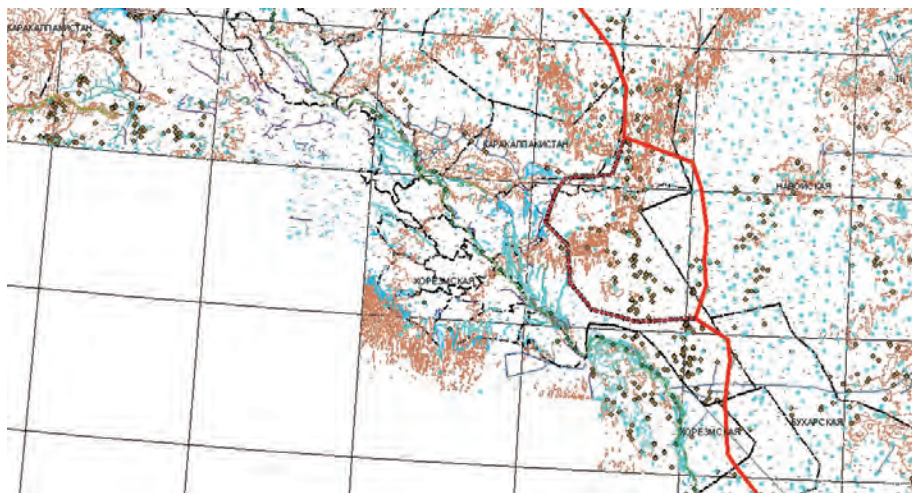


Рис.1. Фрагмент солеотводящего тракта

Западный вариант основывается на полномасштабном использовании русла реки Акчадарья, которое уже имеет место за счет отвода в него коллекторно-дренажных вод Турткульского оазиса. По этому варианту тракт следует вывести на низовья реки Жанадарья, ее бывшую авандельту и далее вести по авандельте Амударьи, вплоть до восточных чинков Устюрта. На авандельте Амударьи к тракту подводятся коллекторы Северной Каракалпакии.

Восточный вариант тракта прежде всего предназначается для расширения его экологической эффективности за счет увлажнения климатопоп. По этому варианту также улучшаются условия для деривации на склонах глинистой равнины. Не исключено, что станет возможным проложение тракта в земляном русле. По этому варианту трасса также подводится к Жанадарье, а далее по авандельте Амударьи.

По третьему варианту трасса тракта в нижнем течении правобережья проводится в Турткульском оазисе и далее используется в качестве притока к тракту. По этому варианту песчаные массивы низовой окольцовываются водными трактами и лесозащитными полосами. Это призвано сократить уровень дефляции и тем самым оздоровить экологическую обстановку в регионе.

В целом, как представляется, предлагаемый водо- и солеотводящий тракт правобережья Амударьи призван оздоровить экологическую обстановку в регионе и сохранять остаточный водоем в глубоководной части ныне высыхающего Аральского моря, способствовать улучшению качества почв в регионе, повышению уровня сельскохозяйственного производства, и все эти мероприятия планируется реализовать в пределах Узбекистана.

Естественно, предлагаемый модифицированный нуждается в предпроектных и проектных обоснованиях, прежде, чем получить добро на реализацию. Однако с точки зрения экологических требований необходимость в реализации такого рода предложений очевидна. Не исключены другие варианты, версии, концепции, проекты т.д. , но горизонт экологического коллапса, как нам представляется, уже не в столь большом отдалении.

Литература

1. Курбанов Б.Т., Шерфединов Л.З. К вопросу разработки концепции схемы солеотводящих сетей бассейна р. Амударьи. Материалы Международной научно-практической конференции “Проблемы комплексного обустройства техноприродных систем”. Часть V. «Мониторинг водных объектов». Москва 2013.С.120-125 .

2. Л.З.Шерфединов, Т.Ю.Лесник, Б.Т.Курбанов. Проблемы дефицита ресурсов трансграничных рек и вопросы управления ими//Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий. Сборник научных трудов. Выпуск 5. Москва-Рязань 2012, с.427-429.

3. Курбнов Б.Т., Шерфединов Л.З. Проблемы совместного использования общих водных ресурсов Центральной Азии. Материалы Международной научно-практической конференции “Проблемы комплексного обустройства техноприродных систем”. Часть V. «Мониторинг водных объектов». Москва 2013.С.125-131.

4. Шерфединов Л.З., Курбанов Б.Т. Некоторые вопросы рационального использования и управления ресурсами трансграничных рек Центральной Азии. Материалы Международной научно-практической конференции “Проблемы комплексного обустройства техноприродных систем”. Часть V. «Мониторинг водных объектов». Москва 2013.С.242-246.

УДК [528.9:577.4:681.3:631.6]

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ УЗБЕКИСТАНА СРЕДНЕГО И НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ

Р.АМУДАРЬИ

Б.Т.Курбанов, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник

Л.З.Шерфединов доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Б.Б.Курбанов

Национальный центр геодезии и картографии Госкомземгеодезкадастра,
г.Ташкент, Республика Узбекистан.

Аннотация

Отсутствие согласованных коллективных действий по рациональному использованию водных ресурсов правобережных стран бассейна Амударьи ведет к ухудшению социально-экономических и экологических условий в странах региона. В статье предлагаются решения по рациональному и справедливому использованию водных ресурсов Амударьи в новой геополитической обстановке в регионе.

Summary:

Lack of the coordinated collective actions for rational use of water resources of the right-bank countries of the basin of Amu Darya conducts to deterioration of social and economic and ecological conditions in the countries of the region. In article solutions on rational and fair use of water resources of Amu Darya in a new geopolitical situation in the region are proposed.

Формирующийся в настоящее время порядок использования и охраны водных ресурсов реки Амударьи требует, по-видимому уточнений. С 1991г. после распада СССР и обретения государствами Центральной Азии независимости, разработка регламента водопользования на Амударье и в целом по бассейну Аральского моря остается приоритетной проблемой. Однако для реализации такого руководящего документа нет гидрологической

инфраструктуры с тем, чтобы регулировать водохозяйственную и экологическую обстановку в бассейне, не допускать иррациональное расходование в общем то ограниченных водных ресурсов, экономические ущербы и др. В преддверии наступления климатического шока, прогнозируемого специализированными международными организациями, сложившаяся ситуация с определением режима использования трансграничных вод более чем критическая [1]. Однако заметим, что декларацией министров водного хозяйства стран Центральной Азии от 12.10.1991г. и соглашением о сотрудничестве в управлении использованием и охраны водных ресурсов из международных источников , подписанного министрами водного хозяйства 18.02.1992г., практически пролонгированы положения руководящих документов советского периода «Уточнения схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов реки Амударья», разработанного институтом «Средазгипроводхлопок» в 1984г. (ГИП Дегтярев Г.М.) и «Основных положений схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна Аральского моря», утвержденного Кабинетом Министров СССР в июле 1991г. (ГИП Хосровянц И.Л.) как сами названные документы, так и решения министров водного хозяйства стран Центральной Азии актуальные в свое время, не только в большей части морально устарели, но и не вписываются в складывающуюся геополитическую обстановку и экологические условия. С учетом этого обстоятельства , т.е. из-за отсутствия согласованных коллективных действий правобережных стран бассейна Амударья по рациональному и справедливому использованию ее ресурсов предлагается рассмотреть следующее решение ожидаемых и возникших проблем.

Исчерпание ресурсов большой реки , каковой является Амударья, имеет неприемлемые последствия, преодоление которых требует новой водохозяйственной стратегии. Для ее реализации в свою очередь требуется модернизация водохозяйственных формирований. Ее аспекты, исходя из нынешнего видения проблемы, сведены в следующую схему. Водоемкость ВВП страны, засушливой по своей природе, приближенно оценивается в 1000

м³ /\$880 США. Поскольку основной потребитель – орошаемое земледелие, доминирующее в водохозяйственном комплексе, по урожайности в регионах, хотя и варьирует, но существенно не отличается. Однако при всех известных и неизвестных, выявленных и неисследованных недостатках и изъянах водохозяйственных формирований, не дающих оснований считать их эффективными, нужно заметить, что сам факт функционирования таковых и производства продукции в пессимальных условиях – это феноменальный результат. Он достигается непомерной водозатратностью. Таким образом можно констатировать, что сложившаяся ситуация в водообеспечении неустойчивая и для поступательного развития водохозяйственных формирований территорий требуются нововведения [2-4].

Водохозяйственные формирования предназначены с одной стороны обеспечить водой – жизненно необходимым ресурсом – население и все отрасли экономики. С другой стороны устранить вред, причиняемый водой и содержащимися в ней токсичными веществами. Анализ эффективности функционирования водохозяйственных формирований регионов среднего и нижнего течения Амударьи показал:

- В земледелии формируется промывной режим орошения сельхозугодий;
- Ресурсоотдача оросительной воды (0,9-1,7ц. хлопка/100м³) зависит от урожайности хлопчатника или других сельхозкультур;
- На водообеспечение орошаемого земледелия расходуется до 90% располагаемых водных ресурсов;
- Невысокая продуктивность сельхозугодий и ресурсоотдача оросительных вод, в первую очередь, обусловлены засолением почв и грунтовых вод;

- Вследствие засоления возрастают затраты воды на промывку почв и смыв солей, также для разбавления солоноватых соленых и рассольных почвенных грунтовых вод в вегетацию;
- Засоление происходит вследствие испарительного концентрирования, интенсивность которого зависит от непродуктивного испарения при слабой дренированности сельхозугодий, а также выщелачивания и растворения минерального субстрата;
- Засолению почв и грунтовых вод способствует также рост солености вод в источнике орошения;
- Солевой фактор в принципе обуславливает промывной режим орошения и превращает орошаемое земледелие в «водоголика»;
- Значительная водоемкость орошаемого земледелия (15000-23000м³/га) также обуславливает дефицит воды внутри формирований и между ними.

Наряду с традициями и нововведениями в технологии водопотребления, технологический уровень водохозяйственных формирований определяют надежность и функциональность их гидротехнической инфраструктуры. Ее состояние в регионах характеризуется тем, что:

- Некоторая часть гидротехнических сооружений исчерпала амортизационные сроки эксплуатации;
- Имеют место фильтрационные потери в водоподводящих и водораспределительных сетях, непродуктивное испарение во всех технологических звеньях водохозяйственных формирований, «сухой дренаж» и т.д.;
- Организация водохозяйственных формирований по различным причинам проведена с рядом отклонений от «схемных»

проектировок или остается незавершенным строительством по техническим проектам, особенно по части коллекторно-дренажной сети и водоотводящих трактов;

- Высокая по нынешним критериям энергоемкость водохозяйственных систем предопределяется их конструкциями.

Следует обратить внимание и на издержки эксплуатации водохозяйственных формирований, которые имеют место из-за:

Реализации устремлений к «обильной воде» нарушает порядок вододеления внутри формирований и между ними, что усиливает стохастический характер функционирования систем;

- Неопределенности институциональной базы по квотированию и управлению водными ресурсами бассейна в целом, что отодвигает горизонт планирования и отражается на качестве оперативных решений;
- Несоответствие части реализованных схемных проектировок требованиям рыночной экономики и геополитической обстановки.

Литература

1. Вода жизненно важный ресурс для будущего Узбекистана./Ташкент, ПРООН, 2007г, 128с.

2. Б.Т.Курбанов, Л.З.Шерфедин, Т.Ю.Лесник. Проблемы устойчивого водообеспечения центральноазиатских государств в условиях возрастающего дефицита водных ресурсов. Сборник научных трудов. Выпуск 5. Москва-Рязань 2012, с.403-409..

3. Курбанов Б.Т., Лесник Т.Ю., Курбанов Б.Б., Умаров А.А. Создание интегрированной ГИС поверхностных вод Республики Узбекистан. //Материалы Республиканской научно-практической конференции «Роль

молодежи в развитии научных исследований для водного хозяйства и мелиорации земель», Ташкент, 2008г., с.78-83.

4. Н.Г.Давранов, Л.З.Шерфединов. Предотвращение опустынивания. АН РУз, ИВП. Ташкент 2006, 86с.

5. Якубов М.А. Особенности мелиоративно-гидрологических процессов в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи и регулирования качества их вод. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Ташкент, 1997г.

**ОРГАНИЗАЦИЯ СОЛЕВОГО СТОКА ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ
ПРАВОБЕРЕЖЬЯ Р.АМУДАРЬИ**

**Б.Т.Курбанов, кандидат физико-математических наук, старший
научный сотрудник**

**Л.З.Шерфединов доктор геолого-минералогических наук, старший
научный сотрудник Б.Б.Курбанов**

Национальный центр геодезии и картографии Госкомземгеодезкадастра,
г.Ташкент, Республика Узбекистан.

Аннотация

В статье освещены научно-технические основы схемы солеотводящих сетей, являющейся актуальной, социально, экономически и экологически значимой для Республики Узбекистан. Реализация солеотводящих сетей будет способствовать рациональному использованию водных ресурсов, устойчивому развитию сельского хозяйства в Республике Узбекистан в условиях дефицита водных ресурсов и ухудшения их качества.

Summary:

Scientific and technical bases of the scheme of networks on removal of salts which is actual, socially, economically and ecologically significant for the Republic of Uzbekistan are covered in article. Realization of networks on removal of salts will promote rational use of water resources, a sustainable development of agriculture in the Republic of Uzbekistan in the conditions of deficiency of water resources and deterioration of their quality.

В последние годы перед странами среднеазиатского региона стоят серьезные проблемы, связанные с дефицитом водных ресурсов, их качеством. В Республике Узбекистан площадь орошаемых земель составляет около 10%, давая более 90% сельскохозяйственной продукции. В последние годы острой проблемой для Республики Узбекистан стала усиливающаяся из года в год экологическая и демографическая нагрузка на землю. При

сохраняющемся достаточно высоком приросте населения площадь орошаемых земель на душу населения неуклонно снижается и составляет на сегодня менее 0.17 га. Вместе с тем потенциал вовлечения в сельхозоборот новых орошаемых земель, пригодных для ведения сельского хозяйства, близок к исчерпанию. Наряду с указанным наблюдается постоянное снижение плодородия и возрастание загрязнения пахотных земель, снижение урожайности сельскохозяйственных культур. Одним из существенных факторов, ведущих к снижению урожайности, является вторичное засоление как следствие нерационального, недостаточно обоснованного с научной точки зрения использования водных ресурсов. В последние годы возрастающий дефицит водных ресурсов сопровождается ухудшением их качества. В складывающейся ситуации разработка научно-технической основы схемы солеотводящих сетей является актуальной, социально, экономически и экологически значимой для нашей республики. Реализация солеотводящих сетей будет способствовать рациональному использованию водных ресурсов, устойчивому развитию сельского хозяйства в Республике Узбекистан в условиях дефицита водных ресурсов и ухудшения их качества [1].

Коллекторно-дренажные воды среднего и нижнего течения бассейна р. Амударьи не имеют единого стокоприемника и распыляются по всей площади бассейна. На этой территории по данным анализа материалов космических съемок сформировались и продолжают формироваться многочисленные локальные солеприемники (рис.1. Пример локальных солеприемников).



Рис.1. Пример локальных солеприемников в Бухарской области

. Они периодически высыхают, образуя солончаковые поверхности. Такие образования в настоящее время занимают тысячи гектаров пастбищ и земель лесного фонда. Солончаки сами по себе не представляют интереса для кормопроизводства, в том числе не приносят пользы и диким животным. Эти накопленные экологические ущербы продолжают наращаться, так как ежегодно с коллекторно-дренажными водами в местные солеприемники выносятся до 10-15 миллионов тонн солей. Это только в среднем течении. Примерно такой же вынос солей наблюдается в нижнем течении. К тому же сброс коллекторно-дренажных вод в русло Акчадарьи приводит к расширению болотно-луговых угодий на территории Казахстана. Таким образом даже небольшая польза от отвода коллекторно-дренажных вод уходит за пределы страны.

Формируемый в среднем и нижнем течении р. Амударьи коллекторно-дренажный сток оценивается в кубокилометрах и он заслуживает внимания на

предмет утилизации и устранения экологических ущербов. Целесообразность начала устранения наметившегося пробела очевидна. Причина, по которой проблема утилизации коллекторно-дренажных вод и устранения накопившихся экологических ущербов до сих пор не решается, заключается в отсутствии разработки научной концепции солеотведения в регионе и выявлении перспектив утилизации коллекторно-дренажных вод.

Среднее течение реки Амударьи отмеряется от Келифского створа до Туямуюнской теснины, а нижнее течение подкомандно ныне Туячуюнскому водохранилищу и замыкает Хорезмскую и Турткульскую дельты, а севернее – «современную» дельту [2-5]. В середине прошлого столетия среднее течение определялось В.А.Шульцем как зона транзита, а нижнее – зона рассеивания речного стока [4]. Однако в границах бассейна на правобережье функционировали со «слепыми концами» - Зарафшан и Кашкадарья. По-видимому, воды этих рек впадали в Амударью в античное время, а также в многоводные фазы раннего и среднего средневековья и в новое время. Ресурсы рассматриваемых средних рек обеспечивали на протяжении веков главную экологическую нишу местного населения - орошаемое земледелие.

Со второй половины прошлого столетия началось привлечение ресурсов Амударьи на развитие орошаемого земледелия и другие народнохозяйственные цели на правобережье. Для этих целей построены и эксплуатируются Аму-Каракульский, Аму-Бухарский, Каршинский и Навойский машинные каналы с водозабором из Амударьи – 10,5-11,7 км³/год и средних рек правобережья – 6,1-6,8 км³/год, что в сумме составляет 16,6-18,5 км³/год.

Водозабор из Амударьи на правобережье - в Турткульский оазис и Северный Каракалпакстан – оценивается в 7,8-8,5 км³/год. Таким образом на правобережье среднего и нижнего течения Амударьи водозабор в сумме составляет 24,4-27,0 км³/год, из которых непосредственно из Амударьи Узбекистан забирает 18,3-20,2 км³/год.

Для достижения мелиоративного благополучия орошаемых земель правобережья, судя по проектным проработкам [3] и обобщениям данных

наблюдений [2] водоотведение (с целью солеотведения) должно достигать 20-25% от водозабора [3]. Таким образом общий объем возвратных вод, подлежащих утилизации, на правобережье может составить 4,9-6,8 км³/год. Существующая система утилизации возвратных вод претерпела изменения. С 1996г. запрещен сброс возвратных вод в Амударью с целью поддержания качества речных вод на уровне допустимых санитарно-гигиенических норм для питьевого водоснабжения. Кроме того в соответствии с данным соглашением (1996г.) вододеление трансграничных вод, притекающих в среднее течение по Амударье распределяется поровну между Туркменистаном и Узбекистаном. По Амударье в средний по водности год притекало в среднее течение 63,1 км³/год и в год 90 % обеспеченности – 47-48 км³/год [2-5].

Приток речных вод в нижнее течение со второй половины XX столетия в средний по водности год сократился с 47-48 км³/год до 24-25 км³/год. Из этого объема стока Туркменистан добирает в низовьях до своих квот 7 км³/год. Очевидно, что в маловодные годы Узбекистан в низовьях не добирает лимитов схемных проработок [3]. В зависимости от глубины маловодий такого рода дефицит может достигать 2,0-5,0 км³/год. Поэтому орошаемое земледелие низовий из-за участившихся маловодий стало рискованным. В этих обстоятельствах уменьшению рисков земледелия может способствовать водосбережение, для чего требуется в первую очередь обеспечить мелиоративное благополучие сельскохозяйственных угодий и застроенных территорий.

Достижение мелиоративного благополучия правобережья по проектным наработкам базируется на строительстве и эксплуатации Правобережного коллектора [1,7]. Однако, если Правобережный коллектор и является стержневым элементом мелиоративных мероприятий, то в более общем случае достижение экологического благополучия р.Амударьи, орошаемых массивов, пастбищных угодий и в целом земельного фонда правобережья требует создания и реализации комплекса водоохраных мероприятий. По замыслу, комплекс водоохраных мероприятий предполагает его

многофункциональность. В основе комплекса водоохраных мероприятий предполагается создание системы для солеотведения в региональный солеприемник – Аральское море, точнее в ее западную часть, которая постепенно превращается в раповое озеро.

В складывающейся ситуации водоохраный комплекс правобережья видится как система коллекторов и водоотводящих трактов – приемников коллекторно-дренажных вод с бассейнов Зарафшана и Кашкадарьи, Бухарского и Турткульского оазисов, Правобережной Каракалпакии и наливных озер междуречья, с тем, чтобы обеспечить их проточность и, как следствие – распреснение.

Маргинальные воды водоохранного комплекса, а их объем, как отмечалось выше, может достигать около 7 км³/год, также могут быть утилизированы при лесомелиорациях, в рыбном хозяйстве, рекреации и т.д. Для утилизации этих вод реконцентрирование поллютантов как химического, так и органического составов до допустимых пределов.

Основной вклад метаморфизации речных вод бассейна р. Амударьи испарительно концентрирование, которому они подвергаются после забора на орошение в земледелии и в упаренном виде, а также донасыщенные растворимыми солей из почв и в смеси с грунтовыми водами, возвращаются в естественные дрены-реки. Такой порядок формирования гидрохимического режима сохранится и в будущем, но при уменьшении, как ожидается, стокообразования и увеличении водозабора на хозяйственные нужды, повысится минерализация речной воды (возможно до начальных градаций грунтовых вод). В бассейне р.Амударьи такой порядок метаморфизации природных вод практически повсеместен.

На р.Заравшан процессы засоления вод практически достигли створа г. Хатырчи и не так уж медленно продвигаются к Дамходжинскому створу, ниже которого ныне размещается головной водозабор системы водоснабжения Новойской и Бухарской областей. По руслу Кашкадарьи уже почти 50 лет за нижним бьефом Чимкурганского водохранилища текут солоноватые воды.

Такое же положение дел в нижнем течении Сурхандарьи. На Амударье в нижнем течении, в створе Туямуонского водохранилища, минерализация речных вод достигла в среднегодовом разрезе почти допустимых пределов к качеству питьевых вод, а в межень маловодных лет устойчиво их превышает. Повышение минерализации вод происходит за счет увеличения концентрации ионов магния, натрия, сульфатов и хлоридов. По этим показателям, а также по общей жесткости, вода становится непригодной для использования в водоснабжении, а также зачастую и для орошения.

Обсохшее дно Аральского моря превращается в песчаную пустыню с солончаками. «Современная» дельта Амударьи также в большей части предстает песчаной пустыней с неравномерно распределенными по ее поверхности солоноватоводными и солеными озерами, солончаками. В пределах этой пустыни сохранилось несколько протоков Амударьи и дискретно распределены орошаемые массивы на площади более 400 тыс.га, а также населенные пункты, города, промышленные объекты и т.д.

Характерной особенностью современной дельты в недавнем прошлом было то, что под разливами речных вод на глубине 3-15 м и более залегали рассольные грунтовые воды. Ныне эти рассолы формируют «пухляки» и другие формы «солевых выпоров». На орошаемых массивах рассольные грунтовые воды при гидроморфном режиме почв также участвуют в их засолении. Однако основной источник солей на сельхозугодьях – это оросительная вода, чаще – солоноватая. Дренажные системы – малопродуктивные и неглубокие, что приводит к поддержанию зеркала грунтовых выше критической глубины, а их минерализация также превышает критические значения. Все это в совокупности приводит к реставрации соленакопления в почвах в межполивной период, повышению солености почвенных растворов и в конечном счете к угнетению возделываемых культур. В какой-то мере их фатальный финал предотвращается промывным режимом орошения, что и обуславливает высокую водозатратность земледелия. Такова солевая обстановка на территориях, подкомандных Тахиаташскому гидроузлу.

В пределах Акчадарьинской, Хорезм-Сарыкамышских дельт Амударьи, подкомандных Туямуюнскому гидроузлу, солевой фактор менее угрожающий, чем на северных территориях Каракалпакстана. Слабее солевой фактор в Каршинской и Бухарской оазисах, что прослеживается по несколько большей урожайности хлопчатника и его несколько меньшей водоемкости.

Таким образом солевой фактор на рассмотренных объектах среднего и нижнего течения Амударьи приобрел циклический характер и в условиях ожидаемого маловодья может завершиться роковым исходом, если не принять экстренных мер по устранению его причин.

Задействованная коллекторно-дренажная сеть отводит минерализованные воды или в Амударью, или сбрасывает на низины правобережья. Из-за этого земельные угодья пустыни несут потери. Так что не только солеотведение с орошаемых и застроенных территорий, но и с пустынных пастбищ требует реализации комплекса мер. Структурным компонентом этого комплекса мер предусматривается Правобережный коллектор, первоначальный замысел и характеристики которого были выработаны проектировщиками еще в 80-х годах прошлого века.

Изменившиеся геополитические, водохозяйственные и институциональные условия, технико-технологические возможности и экологические императивы требуют существенной модернизации первоначального замысла. Прежде всего это связано с трассой коллектора – она должна находиться в пределах Узбекистана. Не менее важно – его необходимо проложить до западного глубоководного остаточного водоема – Аральского моря. Как и в первоначальном замысле частично используется сухое русло Акчадарьи. При этом на песчаных массивах правобережья Амударьи предусматривается два варианта трассы – западный и восточный. Выбор из этих вариантов определяется эффективностью защиты коллектора от песчаных наносов, с одной стороны, а с другой – эффективностью лесозащитных полос для ландшафтов территории, продуктивности биоты и т.д. Значительный лесозащитный эффект ожидается от лесополос вдоль коллектора

на участке Джалтырбас – подножие восточного чинка Устюрта. В модернизированной версии правобережного коллектора предлагается поддерживать существенный уровень его рыбопродуктивности и в общем – биопродуктивности сопряженных с ним ландшафтов.

В средний по водности год сток коллектора в остаточный водоем от Аральского моря ожидается в пределах 3-4км³ при минерализации воды примерно 10-12 г/дм³. Такое качество воды позволит, по-видимому, стабилизировать зеркало водоема на площади 3000-4000 км².

Литература

1. Курбанов Б.Т., Шерфетдинов Л.З. Концептуальные основы схемы солеотводящих сетей бассейна р. Амударьи на базе интегрированных ГИС-технологий//Материалы 7. Вода – жизненно важный ресурс для будущего Узбекистана/Ташкент:ПРООН,2007,128 стр.

2. Рубинова С.Э. Измерение стока р.Амударьи под влиянием водных мелиораций в ее бассейне /Москва, Гидрометеиздат, 1975, 116 стр.

3. Уточнение схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Амударьи: Сводная записка/Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1984, 372 с.

4. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. - Л.: Гидрометиздат. 1965. - 285 с.

5. Шерфетдинов Л.З. Компендиум проблемы квотирования трансграничных вод Центральной Азии//Вопросы географии и геоэкологии, Алматы, 2011, №3, с.47-55.

6. Шерфетдинов Л.З. Гидрография Средней Азии/Ташкент,САГУ, 1958, 117с.

Республиканской научно-практической конференции «Проблемные вопросы гидрогеологии, инженерной геологии, геоэкологии и пути их решения». Ташкент, 4 сентября 2012г. ГП «НИИМР», 2012г.с.137-139.

7. Вода – жизненно важный ресурс для будущего Узбекистана/Ташкент: ПРООН, 2007, 128 стр.

8. Т.Ю.Лесник, А.Примов, Б.Т.Курбанов. Применение космических снимков при гидроэкологических исследованиях.// Экологический вестник Узбекистана, 2009г.,№2, с.27-28.

9. Курбанов Б.Т., Халматов А.Ш. Разработка концепции схемы селеотводящих сетей бассейна реки Амударья на базе интегрированных ГИС-технологий//Proceedings of the IVth Central Asian Geotechnical Symposium (IVth CAGS) 'Geo-Engineering for Construction and Conservation of Cultural Heritage and Historical Sites'? Samarkand 21-23 September 2012., p273-274.

УДК [528.9:577.4:681.3:631.6]

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ФОРМИРОВАНИЙ НА АМУДАРЬЕ

**Б.Т.Курбанов, кандидат физико-математических наук, старший
научный сотрудник**

**Л.З.Шерфединов доктор геолого-минералогических наук, старший
научный сотрудник Б.Б.Курбанов**

Национальный центр геодезии и картографии Госкомземгеодезкадастра,
г.Ташкент, Республика Узбекистан.

Аннотация

В статье анализируется функциональность водохозяйственных систем прибрежных стран на Амударье в новых геополитических и экономических условиях. Просматриваются проблемы питьевого водоснабжения в регионе и пути их решения.

Summary:

In article functionality of water management systems of the coastal countries on Amu Darya in new geopolitical and economic conditions is analyzed. Problems of drinking water supply in the region and a way of their decision are looked through.

Надежность и функциональность водохозяйственных формирований Узбекистана на Амударье существенным образом зависит от водохозяйственной обстановки в целом в бассейне. Она предопределяется геополитическими и экономическими интересами прибрежных стран, которые поступательно переводят режим использования водных ресурсов зоны формирования стока с ирригационного на энергетический. При этом переформируется естественное внутригодовое распределение стока; когда вместо летнего половодья увеличиваются в невегетационный период попуски по рекам. В пределах Узбекистана не изысканы пока условия для возведения

наливных и русловых водохранилищ, контррегулирующих энергетические попуски. К тому же квота водных ресурсов Узбекистана в среднем и нижнем течении Амударьи по соглашению 1996г. в маловодные годы приводит к межрегиональным экстерналиям. Трансграничные и межрегиональные экстерналии обуславливаются из-за неприспособленности водохозяйственных систем и комплексов регионов к их ассимиляции. Последнее обстоятельство по ряду причин изначально заложено в гидротехническую организацию систем. Поэтому они не приспособлены к поддержанию норм качества вод, характеризуются высоким уровнем непродуктивного испарения, энергоёмкостью и т.д. Одна из наглядных причин несовершенства формирования усматривается в их территориальной обособленности внутри страны, что не способствует оптимальной реализации квот водных ресурсов между ними. В какой-то мере отмеченные функциональные недостатки формирований могут быть устранены при строительстве предложенного еще в XIX веке А.Г.Анненковым, а затем и в тридцатые годы прошлого столетия Б.Д.Коржавиным Аму-Бухарского самотечного канала. В последующем это предложение получило развитие в технико-экономическом обосновании самотечного канала с безплотинным водозабором в Келифском створе (М.Г.Гуляев, «Средазгипроводхлопок»,).

В условиях грядущего маловодья не исключено, что безплотинный водозабор в Келифском створе окажется ненадежным.. Потребуется строительство Келифского комплексного гидроузла с емкостью водохранилища примерно 220 млн.м³, расчетным напором около 14м, установленной мощностью ГЭС 480 МВт.

Накопленный научно-технический задел, предпроектные и проектные наработки самотечного канала ныне безусловно нуждаются в актуализации. При этом, очевидно, будут внесены уточнения по трассе и параметрам канала, технологиям удаления наносов и, главное, изысканы природные емкости хотя бы для частичного контррегулирования энергетических попусков – нынешних, и в перспективе нарастающих по Вахшу и Пянджу. Ныне эта задача частично

решается Куюмазарским и Тудакульским наливными водохранилищами на машинных водоподъемниках, но не самотеке. По ним можно ожидать снижение энергоемкости систем, так как вместо машинного водоподъема они будут наполняться на самотеке.

Резервной емкостью для утилизации энергетических пусков из квоты Узбекистана среднего течения может стать Шорсайское водохранилище. В такой резерв следует зачислить и подземное водохранилище на Кзыл-тепа-Хархурском конусе выноса р.Зарафшан (предложение А.Н.Хаджибаева, 2006г.). его потенциал и технико-экономические параметры требуют еще оценки. Но результаты, исследований общих геолого-гидрологических условий этой структуры, в настоящее время выдвигаются специалистами как наиболее перспективные для формирования подземных водохранилищ, если таковые потребуются в рассматриваемом регионе страны.

Дополнительными емкостями для контррегулирования энергетических пусков на самотеке могут предстать наливные озера Денгизкуль и Султандаг в среднем течении и озеро Судочье – в нижнем. Ныне эти озера аккумулируют коллекторно-дренажные воды, которые затем отводятся из них. Переформировав их (по опыту возведения Тудакульского водохранилища) в наливные водохранилища пресных вод, можно существенно улучшить водообеспеченность низовий.

Переформирование озера Судочье в наливное пресноводное водохранилище потребует переноса приемника коллекторно-дренажных вод в пределы бывшего залива Аджибай. Земельных угодий, подкомандных водохранилищу Судочье и пригодных для возделывания сельхозкультур при обеспечении коллекторно-дренажной сетью в этих районах Северного Каракалпакстана более чем достаточно.

Таким образом для низовий в дополнение к Туямуюнскому водохранилищу можно нарастить объем зарегулированного стока на 3-4 км³

При накоплении в вегетационный период Куюмазарского и Тудакульского водохранилища из Аму-Бухарского самотечного канала,

вариант контррегулирования энергетических попусков по Сырдарье (Л.З.Шерфединов 2007г) может претерпеть модификацию. Канал переброски сырдарьинских попусков на сочленении Нураты и Кульджуктау, кроме подводов к Ичкилисайскому и Шоркульскому водохранилищам объемом около 1 км³, может быть отведен к Североаякагитминскому наливному водохранилищу и далее пройти по сухому руслу Дарьялыксай. По канализованному Дарьялыксайу вода водохранилища может быть подана на орошение земель Бухарской области или канал продлевается до Южной Каракалпакии (объем стока до 1,5-2,0км³).

Особое положение Каршинского массива земель нового орошения обуславливается большой энергоемкостью из-за 132м высоты подъема воды. Зачет водопотребления Талимарджанской ГРЭС в эффективность водохозяйственной системы не меняет существенно положения дел. При всей своей ординарности перед этим формированием актуальной остается проблема достижения урожаев, запланированных еще в проектах освоения территории. Несколько большему эффекту ресурсоотдачи воды может поспособствовать утилизация тепловых «отходов» Талимарджанского ГРЭС в парниковых хозяйствах.

Улучшить условия головного водозабора в Каршинский магистральный канал призван также Аму-Бухарский самотечный канал [1]. В структуре водохозяйственных формирований регионов остаются недостаточно развитыми и маломощными системы водо- и солеотведения. Действующие системы магистральных коллекторов и водоотводящих трактов часто доводятся до бессточных местных водо- и солеприемников. В результате в пределах регионов неупорядоченно рассредоточиваются очаги соленакопления. Емкости таких солеприемников ограниченные и к тому же они по мере своего расширения и засоления занимают площади пастбищных угодий.

В этих обстоятельствах необходимость развития водо- и солеотводящих систем регионов до их конечных солеприемников очевидна. Очевидна также необходимость подключения региональных систем к региональному

водоотводящему тракту доводящего вторичный водносолевой сток до бассейнового солеприемника – Аральского моря. В общем предполагаемая организация водохозяйственных формирований, по-видимому, останется конкурентоспособной в перспективе и по мере гидроэнергетического освоения Вахша и Пянджа не потеряет своей функциональности. Можно ожидать, что Туркменистан также проявит заинтересованность в Аму-Бухарском самотечном канале, так как сможет освоить земельные угодья по его трассе и получить наливное водохранилище для Даштхаузского вилоята в низовьях Амударьи.

С другой стороны, если Туркменистан не проявит заинтересованности в строительстве Аму-Бухарского самотечного канала и пролонгирует соглашения по порядку функционирования Каршинского, Аму-Бухарского и других машинных каналов, то встанет проблема реконструкции последних. Однако следует заметить, что в условиях будущего маловодья самотечный канал может оказаться неэффективным в безплотинном варианте. Строительство Келифского гидроузла и водохранилища устранил трудности водозабора, но значительно «утяжелит» идею «самотечного канала». В условиях грядущего маловодья Узбекистан в 90% обеспеченности, как уже подсчитывали ранее, может рассчитывать всего на $16,5 \text{ км}^3$ речной воды в год. По наметкам «схемы...» 1984г. в год 90% обеспеченности узбекские регионы среднего и нижнего течения Амударьи могли рассчитывать на $25,7 \text{ км}^3$ в год. Дефицит в 9 км^3 необходимо покрыть за счет «мобилизации внутренних резервов». Эти резервы заключены в режимах орошения. Ныне практически повсеместно задействован гидроморфный режим, если не сублиригации, так как зеркало грунтовых вод поддерживается на глубинах 0,5-1,5 м и реже 1,5-2,5м. Это тогда как установлено, что критическая глубина зеркала солоноватых грунтовых вод на орошаемых массивах не менее 2,2-2,5м, а при солевых грунтовых водах не менее 3,0м. кстати, при поддержании критической глубины залегания зеркала грунтовых вод на 3м и более оросительная норма – нетто варьирует в узбекских регионах среднего и нижнего течения в пределах 7-8,5 тыс.м³/га.

При технически достижимом коэффициенте полезного действия оросительной системы в 0,77-0,85 [2], оросительная норма-брутто составит 9-11 тыс.м³/га. Приняв на круг по регионам норму брутто в 11 тыс.м³/га, находим, что для орошения ныне возделываемых угодий Каракалпакстану потребуется 5,5 км³, Хорезму – 2,9, Бухаре -2,9, Каршинскому (целинному) массиву – 4,1 км³. Всего требования на воду орошаемого земледелия могут составить 15,4 км³. В грядущем форс-мажоре позиции орошаемого земледелия не безысходные. Выход из складывающихся обстоятельств заключается в коренной модернизации гидромелиоративных систем и технологий земледелия.

Модернизация гидромелиоративных систем сводится к конструктивному переустройству подводящих и разводящих сетей так, чтобы максимально исключить фильтрационные потери, нештатные и катастрофические сбросы и др.

Основной задачей модернизации является воссоздание коллекторно-дренажной сети, поддерживающей зеркало грунтовых вод ниже критической глубины. Предположительно этим целям отвечает глубокий открытый или закрытый дренаж. Техника и технология проектирования и строительства таких дрен требует инноваций. Не менее важно, чтобы водоотводящая сеть, ее магистральные тракты сохраняли нормальную глубину, не подпирали горизонта воды в коллекторах меньшего порядка. Гидромелиорация, следует отметить, обеспечивает регулирование водного и солевого режима почв. Плодородие почв существенным образом зависит от их влагоемкости, влагоудерживающей способности. Промывным режимом орошения это качество почв нарушено и для рационального земледелия требуется его воссоздание. Не менее значим весь комплекс мероприятий по воссозданию плодородия почв, а не только их водно-солевой аспект. С этим связано повышение эффективности водопотребления (по хлопчатнику) в 2 и более раза.

Интенсивные и наукоемкие технологии ведения орошаемого земледелия приблизят урожайность возделываемых сельхозкультур до уровня их биологического потенциала (а по тому же хлопчатнику – это около 60 ц/га.).

Без этого нельзя ориентироваться на эффективность водопользования, да и сами технологии водного хозяйства и мелиорации призваны обеспечивать водосбережение, «когда затраты воды на единицу производимой сельскохозяйственной продукции минимальны» [2]. Таково положение и с другими отраслями водохозяйственного комплекса - следует на технологическом уровне минимизировать водоемкость производства продукции, товаров и/или услуг.

Наиболее сложная проблема в грядущем маловодье, актуальная уже в наши дни, - это питьевое водоснабжение [3-5]. Для аридной зоны, каково является территория Узбекистана, по-видимому эта проблема имеет несколько иное решение, чем в гумидных странах. В разработках институтов «Узгипрокоммунижпроект» и «Узгипросельхозводоснабжение», применены нормы водопотребления по СНиПу 2.04.02.04. Если продолжать пользоваться этими нормами, то ныне на хозяйственно-питьевое водоснабжение Каракалпакстана мог израсходовать 1496 тыс.м³/сутки (0,55 км³/год), Бухарская область 1882 тыс. м³/сутки (0,69 км³/год), Кашкадарьинская область – 1426 тыс. м³/сутки (0,52 км³/год), Хорезмская область – 972 тыс. м³/сутки (0,36 км³/год). Всего на водоснабжение четырех регионов среднего и нижнего течения ориентировано на использование около 2,1 км³/год воды питьевого качества. Водоотведение в сумме – канализационные и другие стоки – могло по нормам составить около 1 км³/год. Оба эти показателя для условий маловодья вряд ли приемлемы.

Основной проблемой в этой отрасли инфраструктуры представляется разделение водопользования на питьевое и коммунально-бытовое водоснабжение, так как вод питьевых кондиций в расчетных количествах может не оказаться. Использование для водоснабжения вод из р.Зарафшан и Гиссаракского водохранилища также может не оправдаться.

Питьевая вода, отвечающая санитарно-гигиеническим нормам ВОЗ – в аридной стране, в условиях маловодья представляет собой наибольшую ценность. Вряд ли стоит такую ценность расходовать на коммунально-бытовые

нужды. Питьевая вода должна расходоваться по прямому назначению – удовлетворять физиологические потребности человека, применяться в той части санитарно-гигиенических нужд, непосредственно связанной со здоровьем человека. Провизорные экономные режимы расходования питьевой воды на душу человека в 30-40- дм³/сутки или 11-15 м³/год, может оказаться технически достижимым. Для этого потребуются сооружение водоводов в среднем и нижнем течении Амударьи , в основном для удовлетворения нужд населения Узбекистана.

Такова в общем концептуальная схема модернизации водохозяйственных систем и комплексов в среднем и нижнем течении Амударьи, которая позволит, по-видимому, сохранить Узбекистану в перспективе экологическое благополучие и благоприятные темпы социально-экономического развития. В данной схеме предлагается руководящая идея всеобщего водосбережения.

1. Иригация Узбекистана, т2, 1973г.

2. Шерфединов Л.З. Компендиум проблемы квотирования трансграничных вод Центральной Азии//Вопросы географии и геоэкологии, Алматы, 2011, №3, с.47-55.

3. Курбанов Б.Т., Лесник Т.Ю., Курбанов Б.Б., Умаров А.А. Создание интегрированной ГИС поверхностных вод Республики Узбекистан. //Материалы Республиканской научно-практической конференции «Роль молодежи в развитии научных исследований для водного хозяйства и мелиорации земель», Ташкент, 2008г., с.78-83.

4. Курбанов Б., Лесник Ю., Хамраев А. Анализ и оценка экологического состояния речных вод в Республике Узбекистан//Табий ва иктисодий географик районлаштириш долзарб муаммолари (илмий-амалий конференция материаллари. Тошкент, 29-30 октябрь 2004 йил). Тошкент, 2004. с.205-207.

5. Курбанов Б.Т., Лесник Ю.Н. К вопросу оценки качества речных вод Республики Узбекистан//География и природные ресурсы, 2004г., специальный выпуск, с.208-211.

**К ВОПРОСУ ВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ**

**Б.Т.Курбанов, кандидат физико-математических наук, старший
научный сотрудник**

Н.А.Аскарходжаев, кандидат биологических наук, Б.Б.Курбанов
Национальный центр геодезии и картографии Госкомземгеодезкадастра,
г.Ташкент, Республика Узбекистан

Аннотация

В статье освещены проблемы ведения мониторинга окружающей среды, природных ресурсов и др. Продемонстрированы возможности использования методов биоиндикации при разработке систем мониторинга.

Summary:

In article problems of conducting monitoring of environment, natural resources, etc. are covered. Possibilities of use of methods of bioindication by monitoring development of systems are shown.

При реализации экономических реформ и стратегии территориального развития Республики Узбекистан проблемы совершенствования системы управления рациональным использованием и охраной природных ресурсов и комплексного анализа природно-экономического потенциала территорий становятся одними из первоочередных.

Успешная реализация стратегии территориального развития возможно лишь при наличии полной, достоверной и современной (на сегодняшний день) информации о состоянии территориальных образований и расположенных на них природных и техногенных объектов, их развитии и преобразовании, и данные об их фактическом использовании и потенциальных возможностях.

Решение вышеобозначенных проблем требует создания развитой информационной системы мониторинга, которая позволит не только оценивать

состояние тех или иных природных ресурсов, но и определять динамику их изменений, что в свою очередь позволит разрабатывать стратегию по наиболее оптимальным путям их использования, минимизации экологического ущерба от негативного воздействия на окружающую среду, здоровье населения и др.

В вопросах методологии, методики исследований природных ресурсов, в частности ведения экологического мониторинга окружающей среды, наметились разные подходы и направления. Традиционный подход решения этой проблемы основан на экологических исследованиях территории по определенным отраслевым тематическим направлениям. Привлекательна концепция ведения экологических исследований и экологического мониторинга территории с точки зрения анализа состояния самой природы [1].

В настоящее время достижения науки и техники позволяют решать географии, геологии и другим наукам о Земле проблемы всестороннего исследования природы с целью ее познания, учета ресурсов, разработки методов их рационального использования, охраны окружающей среды, здоровья населения и др. В географии применение точных наук, как правило, осуществлялось через картографию. Создание современных картографических документов о структуре природы и разработка на их основе новейших информационных систем, а также всестороннее и полное их использование на практике позволяет достоверно определить все разнообразие природных условий любого региона, с заданной точностью отразить пространственное (двумерное или трехмерное) распределение естественных ресурсов по интересующей территории. Это, в свою очередь, представляет широкие возможности определить способы и средства их добычи и восстановления, наметить новые районы рационального использования богатств территории, решать ее экологические проблемы, обосновать пути устойчивого развития региона.

При определении стратегии природоохранной деятельности большое значение имеет инвентаризационный этап эколого-географического

картографирования. Он тем более важен, если основывается на применении методов и материалов дистанционного зондирования Земли. Важной задачей разработки природоохранных карт является демонстрация экологического состояния какого-либо региона методами иллюстрации деградирующих территорий или акваторий, природных или природно-антропогенных образований, а также отображением рекомендуемых природоохранных мероприятий. Для практической деятельности особо важным является мониторинг окружающей среды, включающий фиксацию (в том числе - и на разнообразных тематических картах) итогов наблюдений и контроля состояния природной среды, а также оценку и прогноз развития природных и природно-антропогенных геосистем. В последние десятилетия карты природоохранного (экологического) мониторинга окружающей среды разрабатываются главным образом на основе материалов дистанционного зондирования Земли с применением соответствующих методов.

Термин “мониторинг” появился перед проведением Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде в 1972 г. В начале 80-х гг Секретариатом ООН по окружающей среде общее определение мониторинга было сформулировано как «система повторных наблюдений элементов окружающей среды в пространстве и времени с определенными целями и заранее подготовленными программами» [2]. Базируясь на распространенных в то время формулировках данного понятия Б.В. Виноградов [3,4] дает определение мониторинга как системы наблюдения за окружающей средой, ее управлению и контролю над ней для сохранения экологического равновесия в природе. Ю.А. Израэль [5], наряду с регистрацией параметров окружающей среды включает в систему мониторинга также оценку и прогноз состояния среды. Такое широкое толкование понятие мониторинга может являться потенциальной основой для классификации карт природоохранной тематики. Под мониторингом было решено понимать систему непрерывного наблюдения, измерения и оценки состояния окружающей среды. По мнению российского исследователя-географа И.П. Герасимова [6] объектом общего

мониторинга “является многокомпонентная совокупность природных явлений, подверженная многообразным естественным динамическим изменениям и испытывающая разнообразные воздействия и преобразования ее человеком”.

В трактовке понятия мониторинга существуют две точки зрения. Многие зарубежные исследователи предлагали осуществлять систему непрерывных наблюдений одного или нескольких компонентов окружающей среды с заданной целью и по специально разработанной программе. Другая точка зрения [7] предлагала понимать под мониторингом только такую систему наблюдений, которая позволяет выделить частные изменения состояния биосферы, происходящие только под влиянием антропогенной деятельности (т.е. мониторинг антропогенных изменений окружающей природной среды). Следует принять во внимание, что сама система мониторинга не включает деятельность по управлению качеством среды, но в идеале является источником информации, необходимой для принятия экологически значимых решений.

Для Республики Узбекистан важное значение имеет мониторинг земельных ресурсов, который охватывает ряд подсистемных блоков, в том числе мониторинг состояния почвенного и растительного покрова, пастбищ и др. На территории Узбекистана в настоящее время, сосредоточено большое количество промышленно-гражданских, наземных и подземных сооружений, промышленные производства, которые оказывают многогранное и интенсивное воздействие на геологическую среду в региональном плане. На этом фоне сформировалось научное направление – экологическая геология. Экологическая геология - научная дисциплина, изучающая экологические функции литосферы, закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под влиянием природных и техногенных причин в связи с жизнью и деятельностью биоты и, прежде всего,- человека. При этом под экологическими функциями литосферы понимается всё многообразие функций, определяющих и отражающих роль и значение литосферы, включая подземные

воды, нефть, газы, геофизические поля и протекающие в ней геологические процессы, в жизнеобеспечении биоты и, главным образом, человеческого сообщества.[8].

Особое место в этом ряду занимают гидротехнические сооружения (ГТС) – водохранилища, которые в основном водно-энергетического назначения. На территории Узбекистан имеются более 50 водохранилищ. Большинство из них расположены в горных и предгорных территориях, где могут происходить сильные и разрушительные землетрясения силой 7, 8 и 9 баллов по шкале MSK-64. Водохранилище, в современном понятии, это искусственный водоем значительной вместимости, образованный обычно в долине реки водонапорными сооружениями для регулирования ее стока и дальнейшего использования экономических нужд. Наиболее отрицательные последствия создания водохранилищ: затопление, заболачивание, подтопление земель, изменение первоначального экологического состояния и увеличение сейсмоэкологической и сейсмической опасности площади. По этой причине важное значение для нашего региона имеет организация и ведение геологического мониторинга и как самостоятельный вид мониторинга гидротехнических сооружений.

Для сельскохозяйственного производства и здоровья населения важное значение имеют гидрологический мониторинг и мониторинг качества атмосферного воздуха. В нашей республике их осуществляет Служба мониторинга загрязнения атмосферного воздуха Узгидромета. Проведение регулярных стационарных наблюдений связано с высокими затратами на оборудование и расходные материалы, что ограничивает возможности их более широкого и повсеместного использования. Аналогичная ситуация складывается и с мониторингом речных вод. Для получения достоверной информации о состоянии речных вод необходимо проводить качественный лабораторный химический анализ воды по всем ингредиентам, заложенным в базу данных Узгидромета. Однако указанные выше проблемы затрудняют ведение мониторинга в полном объеме. В конце 1990-х годов количество постов превышало по республике 110. В настоящее время количество постов

регулярно сокращается (в 2006 году составляло менее 90). По ряду ингредиентов по данным на многих постах в настоящее время анализ не проводится. [9]. В этой ситуации полезно привлечение биоиндикационных методов мониторинга как источника дополнительной информации [10]. Предлагаемые методы по биоиндикации ни в коей мере не заменяют приборную и инструментальную инспекцию аналитического контроля и замеров загрязняющих веществ в окружающей среде, однако могут существенно дополнить показатели по наличию загрязнения и его степени.

Поскольку сообщества живых организмов замыкают на себя все процессы, протекающие в экосистеме, ключевым компонентом мониторинга окружающей среды является мониторинг состояния биосферы или биологический мониторинг, под которым понимают систему наблюдений, оценки и прогноза любых изменений в биотических компонентах, вызванных факторами антропогенного происхождения и проявляемых на организменном, популяционном или экосистемном уровнях (рис.1).

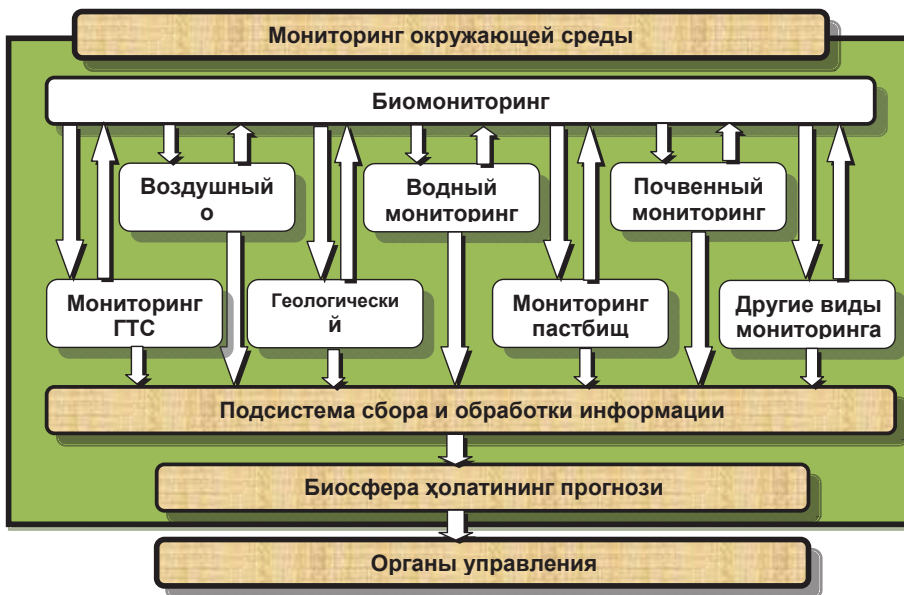


Рис.1. Пример подсистем мониторинга окружающей среды.

По определению Н.Ф. Реймерса [11] мониторинг биологический – слежение за биологическими объектами (наличием видов, их состоянием, появлением случайных интродуцентов и т.д.) и оценка качества окружающей среды с помощью биоиндикаторов.

Главной задачей биоиндикации является разработка методов и критериев, которые могли бы адекватно отражать уровень антропогенных воздействий с учетом комплексного характера загрязнения и диагностировать ранние нарушения в наиболее чувствительных компонентах биотических сообществ. биоиндикация, как и мониторинг, осуществляется на различных уровнях организации биосферы: макромолекулы, клетки, органа, организма, популяции, биоценоза [12]. что использование метода биоиндикации позволяет решать задачи экологического мониторинга в тех случаях, когда совокупность факторов антропогенного давления на биоценозы трудно или неудобно измерять непосредственно.

Таким образом, биоиндикацию можно определить как совокупность методов и критериев, предназначенных для поиска информативных компонентов экосистем, которые могли бы:

- адекватно отражать уровень воздействия среды, включая комплексный характер загрязнения с учетом явлений синергизма действующих факторов;
- диагностировать ранние нарушения в наиболее чувствительных компонентах биотических сообществ и оценивать их значимость для всей экосистемы в ближайшем и отдаленном будущем.

Построение модели экосистемы начинается, как правило, с организации оперативного и непротиворечивого доступа к массивам первичных данных экспедиционных исследований.

К настоящему времени накопилось достаточно информации об индикационной роли древесных растений. Прежде всего, это связано с воздействием загрязняющих веществ на листовую аппарат, благодаря способности листьев осаждать из воздуха наибольшее количество примесей.

Биоиндикационные методы оценки состояния окружающей среды позволяют проводить интегральную оценку «здоровья среды», под которой в самом общем смысле понимается состояние (качество) среды, необходимое для обеспечения здоровья человека и других видов живых существ.

Важным также являются изучение механизмов адаптации лесных экосистем к неблагоприятным внешним условиям, проведение мониторинга в целях выявления признаков снижения устойчивости.

Нами были проведены исследования по анализу загрязнения атмосферного воздуха методом биоиндикации по результатам полевых обследований, проведенных в 2012-2014гг. в 18 населенных пунктах Ташкентской области.

Шкалирование проводилось по методике, предложенной Андреевой Е.Н. [13]. При этом степень воздействия атмосферного воздуха той или иной степени загрязнения оценивалась по рекомендации ВОЗ. Оценка уровня загрязнения атмосферы производилась методом биоиндикации в зависимости от степени повреждения хвои сосны.

На основе анализа результатов полевых обследований, проведенных по исследуемому региону, в среде ArcGIS разработана цифровая карта районирования территории Ташкентской области по степени загрязнения атмосферного воздуха на основе метода биоиндикации (рис.2). На обследованных населенных пунктах указаны в числителе указана категория, в которую подпадает данный населенный пункт, а в знаменателе указан процент поврежденной хвои. При разработке цифровой карты необходимо учитывать розу ветров. Анализ розы ветров показал, что в Алмалыке в среднем за год преобладает западно-восточный перенос, а в Ангрене преобладает юго-западно-северо-восточный перенос. При этом загрязняющие атмосфере компоненты из Алмалыка могут попадать в Ангрэн и наоборот. В остальных населенных пунктах роль розы ветров незначительна.

Проведенные исследования показали, что биоиндикационные методы могут быть успешно использованы при мониторинге окружающей среды и экологических исследованиях.

КАРТА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТАШКЕНТСКОЙ ОБЛАСТИ ПО СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА (на основе биоиндикационного метода)

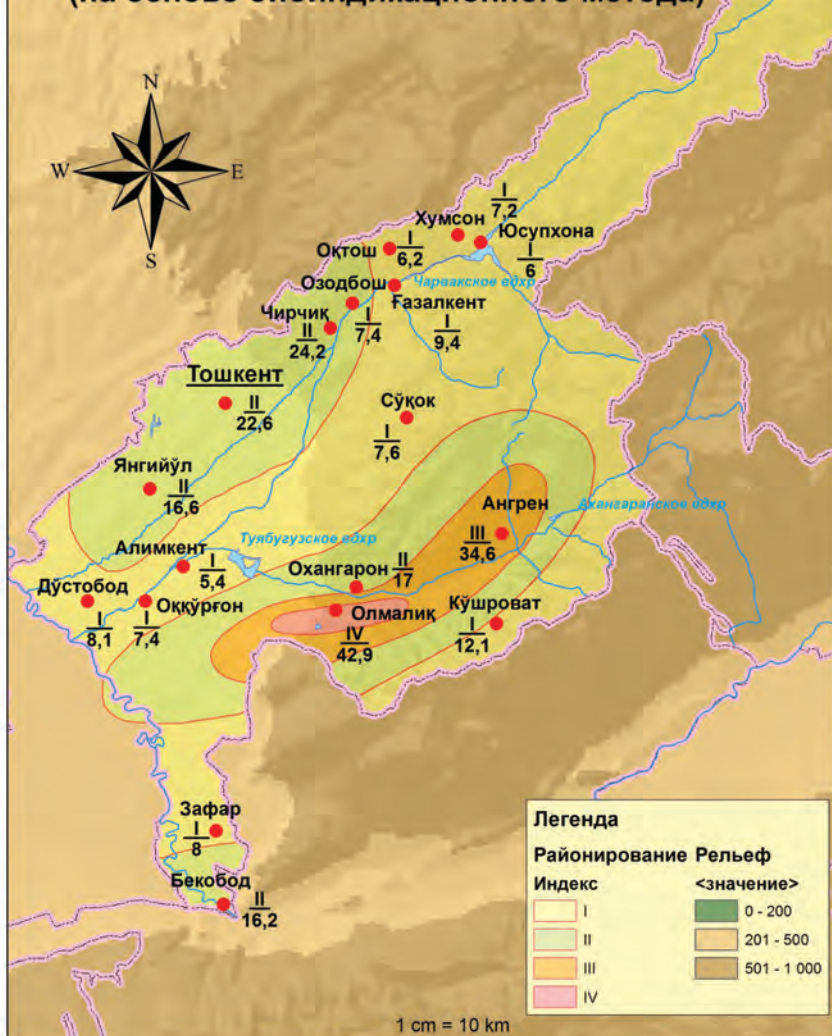


Рис.2. Карта экологического районирования территории Ташкентской области по степени загрязнения атмосферного воздуха, определенного методом биоиндикации.

Список использованной литературы

1. Бахретдинов Б.А., Попов В.А., Мосина Л.В. Методика комплексной оценки экологической ситуации в аридных зонах Узбекистана. // Проблемы освоения пустынь, №6, 1995 г.. С. 57-70.
2. Munn R.E. Global environmental monitoring system. – SCOPE Report, 1973. – Toronto, 1973, N 3. 130 p.
3. Виноградов Б.В. Преобразованная Земля. (Аэрокосмические исследования). – М.: Мысль, 1981. – 295 с.
4. Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг. – М.: Наука, 1984. – 320 с.)
5. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. М.: Наука, 1984. 560 с.
6. Герасимов И.П. Научные основы современного мониторинга окружающей среды // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1975. № 3. С. 13-25.1975.
7. Израэль Ю.А. Глобальная система наблюдений. Прогноз и оценка изменений состояния окружающей природной среды. Основы мониторинга// Метеорология и гидрология.1974. № 7. С.3-8.
8. Трофимов В.Т. Лекции по экологической геологии. Лекции 6-10./ Уч. пособие.- М.: Изд-во Моск. ун-та, 2009. 152 с.
9. Курбанов Б.Т., Лесник Т.Ю., Курбанов Б.Б., Умаров А.А. Создание интегрированной ГИС поверхностных вод Республики Узбекистан. //Материалы Республиканской научно-практической конференции «Роль молодежи в развитии научных исследований для водного хозяйства и мелиорации земель», Ташкент, 2008г., с.78-83.
10. Курбанов Б.Т., Аскарходжаев Н.А. К вопросу анализа загрязнения атмосферного воздуха с использованием биоиндикаторов на базе ГИС-технологий//Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства. Сборник научных трудов. (выпуск 10). Рязань 2013. С..357-365.

11. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник.- М.: Мысль, 1990.- 637 с.

12. Биоиндикация: теория, методы, приложения / Под ред. Г.С. Розенберга. – Тольятти: Изд-во Интер-Волга, 1994. – 266 с.

13. Андреева Е Н., Баккал И. Ю., Горшков В. В., Лянгузова И. В., Мазная Е. А., Нешатаев В Ю., Нешатаева В. Ю., Ставрова Н. И., Ярмишко В. Т., Ярмишко М. А. Методы изучения лесных сообществ - СПб.: НИИХимии СПбГУ, М54 2002. - 240 с.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДО-СОЛЕОТВОДЯЩЕГО ТРАКТА С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ И МЕТОДОВ
ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**Б.Т.Курбанов, кандидат физико-математических наук, старший
научный сотрудник**

Магдиев Х. Н., Курбанов Б.Б.

Национальный центр геодезии и картографии Госкомземгеодезкадастра,
г.Ташкент, Республика Узбекистан.

Аннотация

Предложен проект солеотводящего тракта, разработанный на базе использования ГИС-технологий. Продемонстрированы возможности и преимущества от применения ГИС-технологий. Построены продольные профили солеотводящего тракта, что делает возможным оптимальное проложение тракта, анализ ситуации и др. Уточнены главные целевые предназначения солеотводящего тракта.

Summary:

The project of a path for removal of salts developed on the basis of use of GIS-technologies is offered. Opportunities and advantages from application of GIS-technologies are shown. Longitudinal profiles of a path for removal of salts that makes possible an optimum choice of the route, the analysis of a situation, etc. are constructed. The main target missions of a path for removal of salts are specified.

Для достижения мелиоративного благополучия орошаемых земель правобережья, судя по проектным проработкам [1] и обобщениям данных наблюдений [2] водоотведение (с целью солеотведения) должно достигать 20-25% от водозабора [1]. Таким образом общий объем возвратных вод, подлежащих утилизации, на правобережье может составить 4,9-6,8 км³/год. Существующая система утилизации возвратных вод претерпела изменения. С 1996г. запрещен сброс возвратных вод в Амударью с целью поддержания качества речных вод на уровне допустимых санитарно-гигиенических норм для питьевого водоснабжения. Кроме того в соответствии с данным соглашением (1996г.) вододеление трансграничных вод, притекающих в среднее течение по

Амударье распределяется поровну между Туркменистаном и Узбекистаном. По Амударье в средний по водности год притекало в среднее течение 63,1 км³/год и в год 90 % обеспеченности – 47-48 км³/год [2-5].

Приток речных вод в нижнее течение со второй половины XX столетия в средний по водности год сократился с 47-48 км³/год до 24-25 км³/год. Из этого объема стока Туркменистан добывает в низовьях до своих квот 7 км³/год. Очевидно, что в маловодные годы Узбекистан в низовьях не добывает лимитов схемных проработок [1]. В зависимости от глубины маловодий такого рода дефицит может достигать 2,0-5,0 км³/год. Поэтому орошаемое земледелие низовий из-за участвовавших маловодий стало рискованным. В этих обстоятельствах уменьшению рисков земледелия может способствовать водосбережение, для чего требуется в первую очередь обеспечить мелиоративное благополучие сельскохозяйственных угодий и застроенных территорий.

Достижение мелиоративного благополучия правобережья по проектным работам базируется на строительстве и эксплуатации Правобережного коллектора [1,5]. Однако, если Правобережный коллектор и является стержневым элементом мелиоративных мероприятий, то в более общем случае достижение экологического благополучия р.Амударьи, орошаемых массивов, пастбищных угодий и в целом земельного фонда правобережья требует создания и реализации комплекса водоохранных мероприятий. По замыслу, комплекс водоохранных мероприятий предполагает его многофункциональность. В основе комплекса водоохранных мероприятий предполагается создание системы для солеотведения в региональный солеприемник – Аральское море, точнее в ее западную часть, которая постепенно превращается в раповое озеро.

В складывающейся ситуации водоохранный комплекс правобережья видится как система коллекторов и водоотводящих трактов – приемников коллекторно-дренажных вод с бассейнов Зарафшана и Кашкадарьи, Бухарского и Турткульского оазисов, Правобережной Каракалпакии и наливных озер

междуречья, с тем, чтобы обеспечить их проточность и, как следствие – распреснение.

Маргинальные воды водоохранного комплекса, а их объем, как отмечалось выше, может достигать около 7 км³/год, также могут быть утилизированы при лесомелиорациях, в рыбном хозяйстве, рекреации и т.д. Для утилизации этих вод реконцентрирование поллютантов как химического, так и органического составов до допустимых пределов.

Основной вклад метаморфизации речных вод бассейна р. Амударьи испарительно концентрирование, которому они подвергаются после забора на орошение в земледелии и в упаренном виде, а также донасыщенные растворимыми солей из почв и в смеси с грунтовыми водами, возвращаются в естественные дрены-реки. Такой порядок формирования гидрохимического режима сохранится и в будущем, но при уменьшении, как ожидается, стокообразования и увеличении водозабора на хозяйственные нужды, повысится минерализация речной воды (возможно до начальных градаций грунтовых вод). В бассейне р. Амударьи такой порядок метаморфизации природных вод практически повсеместен.

Обсохшее дно Аральского моря превращается в песчаную пустыню с солончаками. «Современная» дельта Амударьи также в большей части предстает песчаной пустыней с неравномерно распределенными по ее поверхности солонатоводными и солеными озерами, солончаками. В пределах этой пустыни сохранилось несколько протоков Амударьи и дискретно распределены орошаемые массивы на площади более 400 тыс. га, а также населенные пункты, города, промышленные объекты и т.д.

Характерной особенностью современной дельты в недавнем прошлом было то, что под разливами речных вод на глубине 3-15 м и более залежали рассольные грунтовые воды. Ныне эти рассолы формируют «пухляки» и другие формы «солевых выпоров». На орошаемых массивах рассольные грунтовые воды при гидроморфном режиме почв также участвуют в их засолении. Однако основной источник солей на сельхозугодьях – это оросительная вода, чаще –

солончатая. Дренажные системы – малопроизводительные и неглубокие, что приводит к поддержанию зеркала грунтовых вод выше критической глубины, а их минерализация также превышает критические значения. Все это в совокупности приводит к реставрации соленакопления в почвах в межполивной период, повышению солености почвенных растворов и в конечном счете к угнетению возделываемых культур. В какой-то мере их фатальный финал предотвращается промывным режимом орошения, что и обуславливает высокую водозатратность земледелия. Такова солевая обстановка на территориях, подкомандных Тахиаташскому гидроузлу.

В пределах Акчадарьинской, Хорезм-Сарыкамьшских дельт Амударьи, подкомандных Туямуюнскому гидроузлу, солевой фактор менее угрожающий, чем на северных территориях Каракалпакстана. Слабее солевой фактор в Каршинской и Бухарской оазисах, что прослеживается по несколько большей урожайности хлопчатника и его несколько меньшей водоемкости.

Таким образом солевой фактор на рассмотренных объектах среднего и нижнего течения Амударьи приобрел циклический характер и в условиях ожидаемого маловодья может завершиться роковым исходом, если не принять экстренных мер по устранению его причин.

Задействованная коллекторно-дренажная сеть отводит минерализованные воды или в Амударью, или сбрасывает на низины правобережья. Из-за этого земельные угодья пустыни несут потери. Так что не только солеотведение с орошаемых и застроенных территорий, но и с пустынных пастбищ требует реализации комплекса мер. Структурным компонентом этого комплекса мер предусматривается Правобережный коллектор, первоначальный замысел и характеристики которого были выработаны проектировщиками еще в 80-х годах прошлого века.

Изменившиеся геополитические, водохозяйственные и институциональные условия, технико-технологические возможности и экологические императивы требуют существенной модернизации первоначального замысла [6]. Прежде всего это связано с трассой коллектора

– она должна находиться в пределах Узбекистана. Не менее важно – его необходимо проложить до западного глубоководного остаточного водоема – Аральского моря. Как и в первоначальном замысле частично используется сухое русло Акчадарьи. При этом на песчаных массивах правобережья Амударьи предусматривается два варианта трассы – западный и восточный. Выбор из этих вариантов определяется эффективностью защиты коллектора от песчаных наносов, с одной стороны, а с другой – эффективностью лесозащитных полос для ландшафтов территории, продуктивности биоты и т.д. Значительный лесозащитный эффект ожидается от лесополос вдоль коллектора на участке Джалтырбас – подножие восточного чинка Устюрта. В модернизированной версии правобережного коллектора предлагается поддерживать существенный уровень его рыбопродуктивности и в общем – биопродуктивности сопряженных с ним ландшафтов.

В средний по водности год сток коллектора в остаточный водоем от Аральского моря ожидается в пределах 3-4км³ при минерализации воды примерно 10-12 г/дм³. Такое качество воды позволит, по-видимому, стабилизировать зеркало водоема на площади 3000-4000 км².

Как было отмечено выше, коллекторно-дренажные воды среднего и нижнего течения бассейна р. Амударьи не имеют единого стоко- и солеприемника и распластываются по всей площади бассейна. На этой территории по данным анализа материалов космических съемок сформировались и продолжают формироваться многочисленные локальные стоко- и солеприемники. Они периодически высыхают, образуя солончаковые поверхности. Такие образования в настоящее время занимают тысячи гектаров пастбищ и земель лесного фонда. Солончаки сами по себе не представляют интереса для кормопроизводства, в том числе не приносят пользы и диким животным. Эти накопленные экологические ущербы продолжают наращаться, так как ежегодно с коллекторно-дренажными водами в местные солеприемники выносятся до 20-25 миллионов тонн солей

Формируемый в среднем и нижнем течении р. Амударьи коллекторно-дренажный сток оценивается в кубокилометрах и он заслуживает внимания на предмет утилизации и устранения экологических ущербов. Целесообразность начала устранения наметившегося пробела очевидна. Причина, по которой проблема утилизации коллекторно-дренажных вод и устранения накопившихся экологических ущербов до сих пор не решается, заключается в отсутствии разработки научной концепции солеотведения в регионе и выявлении перспектив утилизации коллекторно-дренажных вод. Из этого положения формируются одна из главных целей проекта, а именно разработка концепции главного тракта схемы водо- и солеотводящих сетей бассейна р. Амударьи на базе интегрированных ГИС-технологий с применением материалов космических съемок и методов трехмерного моделирования. Эта цель достигается по территории Узбекистана:

В рамках исследований по разработке концепции главного тракта схемы водо- и солеотводящих сетей бассейна р. Амударьи на базе интегрированных ГИС-технологий с применением методов трехмерного моделирования была использована разработанная в НЦГК цифровая топооснова в масштабе 1:200000. Цифровая топооснова разработана на основе общих требований к процессу создания и обновления цифровых топографических карт, основных требований к цифровым топографическим картам, включая требования к полноте исходной информации, к ее актуализированности, к точности и согласованности информации [9]. Цифровая топооснова в целом отражает современное состояние местности с точностью, полнотой и достоверностью, удовлетворяющими требованиям, которые в соответствии с [7] предъявляются к топографическим картам соответствующих масштабов. Цифровые топографические основы содержат все объекты топокарт, соответствующие их масштабу и состоянию описываемой ими местности.

Содержание объектов цифровой топоосновы включает в себя номер объекта, его семантику и метрику.

Гидрологические параметры находятся в тесной взаимосвязи с рельефом. Гидрологические и экологические исследования можно проводить более точно, когда к анализу гидро-экологического состояния привлечены данные о рельефе. Традиционное представление рельефа в виде горизонталей зачастую усложняет решение поставленных проблем и анализ гидроэкологической ситуации. С целью уточнения границ выделяемых контуров и упрощения анализа гидроэкологической ситуации была разработана технология трехмерного представления цифровой модели рельефа[7,8].

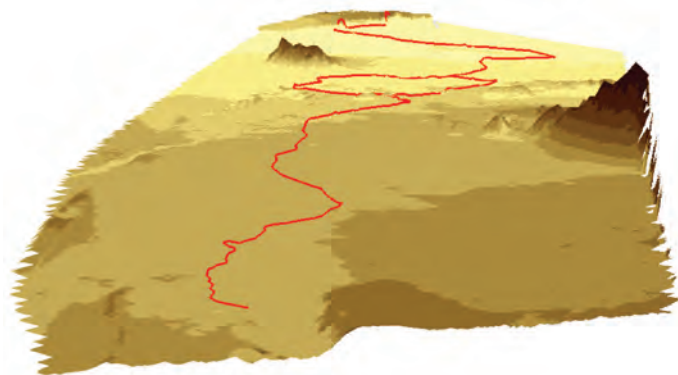


Рис.3. Схема головного водо-солеотводящего тракта в перспективном изображении. Масштаб по вертикали увеличен в 1000 раз.

К дальнейшему анализу как более перспективное рассматривалась схема тракта проложенная через обсохшее русло Акчадарьи.

С целью более детального анализа были построены общая схема головного водо-солеотводящего тракта и продольный профиль в среде AutoCAD. В среде AutoCAD удобнее строить вертикальные профили и проводить анализ ситуации. При построении схемы и вертикального профиля наносились пикеты через каждые 500,0м. На рис 5 представлен фрагмент схемы тракта. В центре справа от тракта выведен номер пикета 480. Севернее слева указана точка поворота тракта 4808+76,09. Следует

читать , что точка поворота тракта находится в 480км 876,09м от начала тракта и т.д.

На рис.б. представлен фрагмент южной части тракта.

По осям продольного профиля отмечены: по горизонтали расстояние между пикетами, равное 5000м, номер пикета (50, 100 и т.д.), если номер пикета умножить на 100, получим расстояние от начала тракта до пикета в м., в строке «Отметка земли» указана высота поверхности земли над уровнем моря в м.

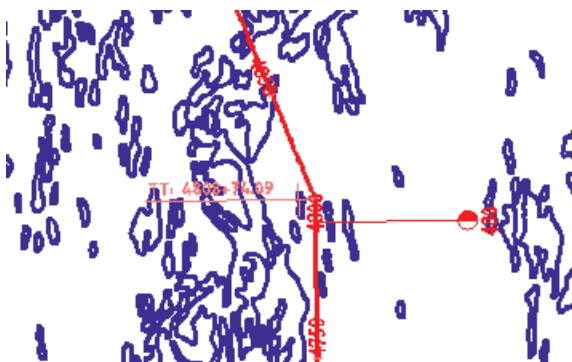


Рис.5. Фрагмент головного водо-солевого тракта с горизонталями, разработанный в среде AutoCAD.

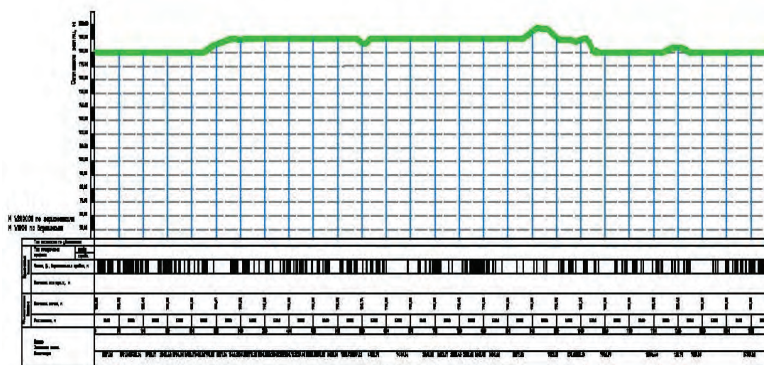


Рис.6. Фрагмент продольного профиля южной части тракта.

Перейдем к анализу продольного профиля.

Общая протяженность тракта составила 935км200м. При этом перепад высот составил сначала до Аральского моря 130м. Как следует из анализа продольного профиля сначала до 250-300 пикетов высота поверхности земли составляет 180м, а с 250-300 пикетов -185-190м. Таким образом головной водозабор правобережного коллектора (начальные 30км) расположен ниже на 10м (см рис.8) по сравнению с более северными участками (пикеты 300-1000). По-видимому, целесообразно организовать отвод через русло р.Кашкадарья на восток. Денгизкуль при этом возможно использовать как субрегиональный испаритель. Севернее 300 пикета вода идет самотеком, и весь сток с бассейна в рр.Зарафшан, Кашкадарья, Каршинского канала и большая часть с Бухарского оазиса будет направлена в правобережный коллектор. Такой разворот начального участка трассы позволит избежать машинный водоподъем примерно на 10-12м, а следовательно и избежать дополнительных энергозатрат.. Если для всего тракта от начала до впадения в Арал средний уклон составляет 0,007966 град, то начиная с 300 пикета до Арала уклон составляет 0,008881 град.

Как следует из анализа продольного профиля, по пути проектирования тракта рельеф иногда изрезанный и нередко холмы чередуются с оврагами. В таких случаях мы искали возможности обойти подобные участки путем анализа трехмерной модели рельефа в окрестностях данного участка.

Разработка продольного профиля с использованием пикетов через каждые 5000м с дополнительной информацией по каждому пикету деоает удобным возможным использование полученных материалов проектными организациями. Предлагаемый водо- и солеотводящий тракт правобережья Амударьи направлен на оздоровление экологической ситуации в регионе и сохранению остаточного водоема в глубоководной части ныне высыхающего Аральского моря, улучшение качества почв в регионе, повышению уровня сельскохозяйственного производства, и все эти мероприятия планируется реализовать в пределах Узбекистана.

Предлагаемый модифицированный тракт нуждается в предпроектных и проектных обоснованиях, изысканиях прежде, чем получить добро на реализацию. С точки зрения экологических требований необходимость в реализации такого рода предложений очевидна. Не исключены другие варианты, версии, концепции, проекты и т.д., но обостряющаяся экологическая и социально-экономическая ситуация в регионе, особенно при реализации планов строительства грандиозных ГЭС в соседних государствах, делает необходимым скорейшее ее рассмотрение и реализацию.

Литература

1. Уточнение схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Амударьи: Сводная записка/Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1984, 372 с.

2. Рубинова С.Э. Измерение стока р.Амударьи под влиянием водных мелиораций в ее бассейне /Москва, Гидрометеиздат, 1975, 116 стр.

3. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. - Л.: Гидрометиздат. 1965. - 285 с.

4. Шерфединов Л.З. Компендиум проблемы квотирования трансграничных вод Центральной Азии//Вопросы географии и геоэкологии, Алматы, 2011, №3, с.47-55.

5. Курбанов Б.Т., Лесник Т.Ю., Курбанов Б.Б., Умаров А.А. Создание интегрированной ГИС поверхностных вод Республики Узбекистан. //Материалы Республиканской научно-практической конференции «Роль молодежи в развитии научных исследований для водного хозяйства и мелиорации земель», Ташкент, 2008г., с.78-83.

6. Б.Т.Курбанов, Л.З.Шерфединов,Т.Ю.Лесник. Проблемы устойчивого водообеспечения центральноазиатских государств в условиях возрастающего дефицита водных ресурсов. Сборник научных трудов. Выпуск 5. Москва-Рязань 2012, с.403-409..

7. Общие требования к созданию цифровых топографических карт. ГККИНП-05-046-02. Составители Курбанов Б.Т., Романова Ю.П., Юсупджанова А.М.- Ташкент, НЦГиК, 2000, 38 с.

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ УПРАВЛЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ
РЕСУРСОВ В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ БАССЕЙНА Р.СЫРДАРЬЯ
(ЧИРЧИК-АХАНГАРАН-КЕЛЕССКИЙ ИРРИГАЦИОННЫЙ РАЙОН)**

И.Э.Махмудов, доктор технических наук

“НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ И ВОДНЫХ
ПРОБЛЕМ”, г.Ташкент, Республика Узбекистан

В настоящей статье приведены результаты анализа и оценки ситуации управления использования водных ресурсов Чирчик-Ахангаранского речного бассейна в среднем течении р.Сырдарья. В результате энергетического использования стока реки Чирчик, а также из-за сточных вод коммунально-бытового сектора и коллекторно-дренажных вод на территории речного бассейна формируется достаточно большой объем сброса воды в русло р. Сырдарья в сторону Казахстана. В статье описываются схемы формирования сбросной воды, а также их распределение по месяцам года. Приведены цифровые карты с расположением ГЭС, а также их энергетический потенциал.

This article shows the results of analysis and assessment of water management in the Chirchik-Akhangaran River Basin in the middle reaches of the Syrdarya River. Big quantities of water are discharged into Syrdarya towards Kazakhstan because of hydroenergy generation along the Chirchik River and municipal waste water and drainage water within the territory of the river basin. The article describes the patterns of formation of discharged water and its distribution throughout the year. It also provides the digital maps with the HEPS' location and their energy potential.

Ключевые слова: вода, бассейн, схема, карты, ирригация, гидроэнергетика, сооружения, каналы, озера, экология.

1.Введение. Территория бассейнов р.Чирчик и р.Ахангаран расположена в Ташкентской области Республики Узбекистан, ее морфологическая и гидрографическая карта изображена на рис.1. При принятии водохозяйственных мероприятий данная территория относится к среднему течению р. Сырдарья и называется Чирчик-Ахангаран-Келесский ирригационный район.

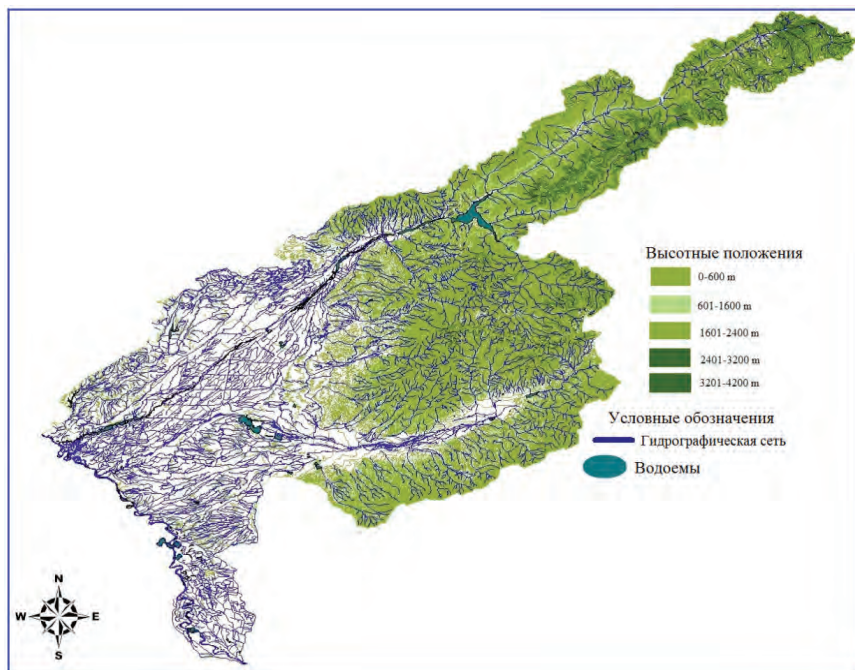


Рис 1. Морфологическая и гидрографическая карта Чирчик-Ахангаранского речного бассейна

По данным схемы «Схема комплексного использования и охрана водных ресурсов бассейна реки Сырдарья» (КИОВР бассейна реки Сырдарья), а также по данным НИЦ Казахского филиала НИЦ МКВК среднесуточные водные ресурсы (Чирчик-Ахангаран-Келесского ирригационного района или ЧАКИР) оценены в $9,32 \text{ км}^3$, из них $8,67 \text{ км}^3$ (93%) - поверхностный сток. Вододеление в

ЧАКБ (Чирчик-Ахангаран-Келесский бассейн): Узбекистан – около 88%, Казахстан – около 12%, Кыргызстан – менее 1%. В том числе лимит водопотребления Казахстана для Келесского массива равен 1250 млн. м³/год в средний по водности год. С имеющимися проблемами управления использованием ЧАКИРа на его территории формируются сбросные воды в объеме около 4,5-5 км³/год, в том числе за счет лимита Узбекистана – 4-4,3 км³/год (84-89%) и за счет лимита Казахстана менее 0,65 км³/год (около 15%) [1].

2. Анализ и оценка проблем образования сбросных вод. Для определения суммарных требований всего комплекса Чирчик-Ахангаран-Келесского ирригационного района к стоку р. Чирчик на уровне 2010 года были проведены водобалансовые расчеты, учитывающие внутрисистемное регулирование (Куруксайское и Туркское водохранилища), использование на орошение и водоснабжение вод р. Келес и р. Ахангаран, а также подземные и возвратные воды.

Выполненные расчеты показали, что вододеление в ЧАКИР в соответствии с межгосударственными соглашениями: Узбекистану – около 88 %, Казахстану – около 12 %, Кыргызстану – менее 1 %. В том числе лимит водопотребления Казахстана для Келесского массива равен 1250 млн. м³/год - средний по водности год (Схема КИОВР бассейна реки Сырдарья, данные НИЦ Казахского филиала НИЦ МКВК).

Как правило, основным водопотребителем этого ирригационного района является орошаемое земледелие, на долю которого приходится более 90% от общего водозабора. Объем водопотребления на нужды питьевого и промышленного водоснабжения обычно не превышает 6-7%. Однако, в бассейнах рек Чирчик и Ахангаран в связи с расположением здесь крупных промышленных городов, удельный вес водопотребления промышленно-коммунального комплекса составляет около 30% от общего объема водозабора. Схема использования речных вод Чирчик-Ахангаранского бассейна изображена на рис. 2.



Рис 2. Схема использования речных вод Чирчик-Ахангаранского бассейна

Проведен анализ собранных данных гидропоста Чиназ в устье р. Чирчик и гидропоста Бозсу на конечной точке канала Бозсу. График изменения среднемесячных значений стока р. Чирчик по данным гидропоста Чиназ изображен на рис.3.

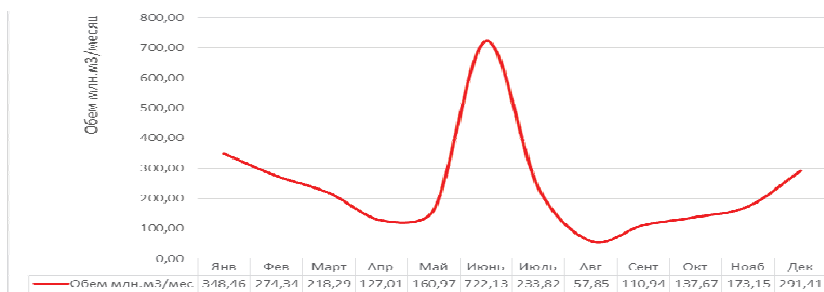


Рис.3 Объем сброса воды по р.Чирчик (гидропост Чиназ, 2012 г.)

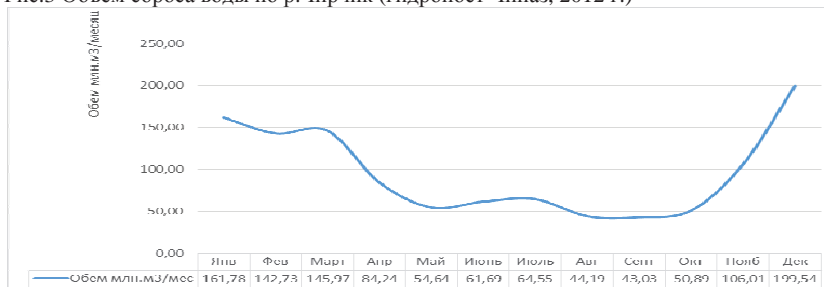


Рис.4 Объем сброса воды по каналу Боз Су (Гидропост Бозсу, 2012 г.)

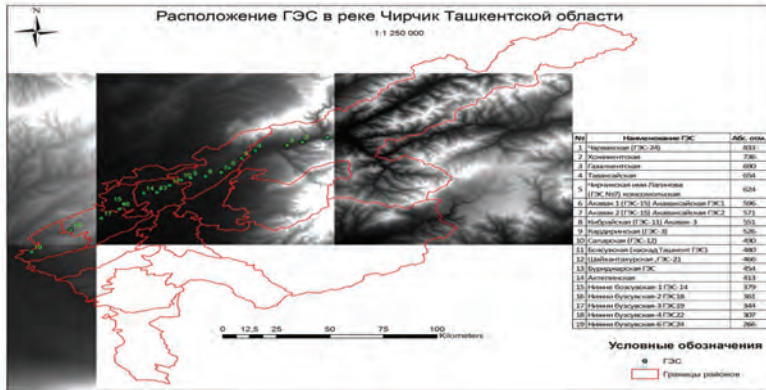


Рис.5 Расположение ГЭС Чирчик-Бозсуевского каскада на топографической поверхности

Среднемесячные значения сброса воды по Бозсуевскому тракту показаны на рис.4. Расположение ГЭС Чирчик-Бозсуевского каскада отметками показано на космическом снимке (рис.5).

Прохождение трассы деривационного канала препятствовало использованию воды в полном объеме на территории Узбекистана. Вместе с этим, из-за отсутствия необходимых объемов водохранилищ для контррегулирования сбросов по руслу реки также образуется достаточно большой объем сбросной воды в р. Сырдарья. Характеристика гидравлических электрических станций Чирчик-Бозсуевского каскада показана в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика гидравлических электрических станций Чирчик-Бозсуевского каскада

№	Название ГЭС	Мощность, МВт	Среднеголетняя выработка, млн. кВт.ч	Тип ГЭС	Напор, м	Год ввода в эксплуатацию
Каскад Урта-Чирчикских ГЭС на р.Чирчик						
1.	Чарвакская	600(620)	2000	приплотинная	148	1972
2.	Ходжикентская	165	560	приплотинная	34	1976
3.	Газалкентская	120	418	приплотинная	25	1981
Каскад Чирчикских ГЭС на р.Чирчик						

4.	Таваксайская	72(73,6)	350(359)	деривационная	35,2	1941
5.	Чирчикская ГЭС-7	84(86,4)	427,6(394)	деривационная	40	1956
6.	Камолот (проектируемая)	8	35,4	деривационная	-	-
7.	Аккавак-1	34,7(36,8)	171,6(232)	деривационная	-	1951
Каскад Кадырынских ГЭС на канале Бозсу						
8.	Аккавакская	9	66	деривационная	12	1946
9.	Кибрайская	11,2	89	деривационная	19	1943
10.	Кадырынская	13,2	112(122)	деривационная	38	1936
11	Саларская	11,2(11,7)	85	деривационная	18	1944
Каскад Ташкентских ГЭС						
12	Бозсуйская	4	32(28)	деривационная	14	1934
13.	Шайхантаурская	3,6	23(32)	приплотинная	9	1953
14.	Бурджарская	6,4(6,6)	45(40,5)	деривационная	18	1937
15.	Актепийская	15	80(81,8)	деривационная	41	1943
Каскад Нижне-Бозсуйских ГЭС						
16.	Нижне-Бозсуйская-1	10,7(10,2)	41,4(65)	смешанная	29	1944
17.	Нижне-Бозсуйская-2	7(7,2)	15,4(13)	смешанная	13	1950
18	Нижне-Бозсуйская-3	11,2	40,8(50)	смешанная	18	1955
19.	Нижне-Бозсуйская-4	17,6	88(99)	смешанная	37	1954
20.	Нижне-Бозсуйская -6	4,4	21,8(30)	приплотинная	12	1954

Таким образом, на территории Узбекистана формируются сбросные воды в объеме около 4,5-5 км³/год, в том числе за счет лимита Узбекистана – 4-4,3 км³/год (84-89%) и за счет лимита Казахстана менее 0,65 км³/год (около 15%). К сожалению, до настоящего времени этот объем воды транзитом переходит на территорию Казахстана и, в дальнейшем, по руслу р.Сырдарья подается в казахстанскую часть малого Арала. Тем не менее, казахстанской стороной разрабатываются меры по увеличению, в дальнейшем, использования образующейся на территории Узбекистана сбросной воды для эколого-экономической потребности Республики Казахстан.

Дефицит воды Джизакской области Республики Узбекистан, которая находится на территории среднего течения бассейна р. Сырдарья нарастает также и в связи с реализацией Таджикистаном схемы комплексного

использования реки Зарафшан, которая предусматривает выше Оббурдонского водохранилищного гидроузла строительство ирригационного напорного туннеля, подающего зарафшанскую воду (бассейн р. Амударья) через Туркестанский хребет в Ура-Тюбинскую долину (бассейн р. Сырдарья).

Водные ресурсы маловодного Келесского речного бассейна полностью используются на орошение более 300,0 тыс. га орошаемых земель Чимкентской области Республики Казахстан. При этом, маловодный бассейн этой реки получает дополнительные воды из р. Чирчик по старым каналам: Зах, Ханым и Ходжаван.

Вместе с этим, на территории Узбекистана в среднем течении р. Сырдарьи (левый берег реки - территории Джизакской и Сырдарьинской областей) из-за эксплуатации основных водохранилищ Кыргызстана и Таджикистана многолетнего и сезонного регулирования при различных возможных режимах – ирригационном, энергетическом и комбинированном (верхнее водохранилище каскада работает в энергетическом режиме, а нижнее - в ирригационном) ощущается серьезный дефицит воды в вегетационные периоды. Потери урожая сельскохозяйственных культур от дефицита воды по различным оценкам составляют более 1 млрд. дол США /год.

Загрязненность воды реки Сырдарья в среднем течении создает также серьезную проблему питьевого водоснабжения населения двух областей Узбекистана (Сырдарьинская и Джизакская области).

Дефицит речной воды в Айдар-Арнасайской озерной системе, находящейся также в среднем течении р.Сырдарьи приводит к существенному росту засоленности озерной воды. Сохранение такой ситуации создает серьезную угрозу экологической безопасности всего региона.

Выводы: В настоящее время возникает необходимость решения научно-технических проблем образования на территории ЧАКИР (территория Узбекистан) 4,5-5 км³/год сбросных вод, оценки их качества, создания необходимых механизмов для их регулирования и, в дальнейшем, использования (в пределах отведенного лимита) для повышения

водообеспеченности территорий (в пределах среднего течения р.Сырдарья - территория Сырдарьинской и Джизакской областей); создание источников питьевого водоснабжения населения и энергетического потенциала страны, а также создание условий для экологической безопасности водных объектов (поддержание устойчивого состояния Айдар-Арнасайской озерной системы).

Использованная литература

1. Ю.Х. Рысбеков К вопросу о сценариях водохозяйственного развития Келесского массива (Шымкентская область, Казахстан) проект «Rivertwin» («Региональная модель для интегрированного управления водными ресурсами в сдвоенных речных бассейнах») НИЦ МКВК Центральной Азии.Ташкент.2015.5с.
2. Схема комплексного использования водных ресурсов рек Амударья и Сырдарья.Средазгипроводхлопок.1984,1987 гг.

УДК 626.810

**ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ: ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ
В ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Р.Г. Мирсаитов, кандидат экономических наук

Т.С. Гричаная, кандидат технических наук

*ТОО «КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА»*

г. Тараз, Республика Казахстан

Аннотация

Низкая эффективность использования водных ресурсов, обусловленная разобщенностью структурных подразделений водохозяйственного производства, отсутствием по бассейнам рек достоверной информации учета и прогнозирования стока и водозаборов, не заинтересованностью водопользователей в рациональном использовании воды и рядом других причин, требует принципиально новых методов подготовки и принятия управленческих решений в области использования и охраны водных и земельных ресурсов.

Abstract

The low efficiency of use water resources caused by dissociation structural divisions of water management production, absence adequate information of the list and forecasting of drain and diversion facilities on river basins, not interest of water consumers in rational water use and some other reasons demands essentially new methods of preparation and adoption of administrative decisions in the field of use and protection of water and land resources.

В современном обществе водное хозяйство является важнейшим звеном, обеспечивающим устойчивое функционирование экономики страны, социальные, культурно-эстетические, гигиенические потребности общества,

гармонизацию взаимодействия человека с окружающей средой. Все это необходимо развивать в условиях нарастающего дефицита воды, повышения требований к ее качеству, устранения несоответствия между имеющимися водными ресурсами и требованиями режимов водопотребления в отраслях экономики страны.

Основными потребителями водных ресурсов бассейнов рек Казахстана являются орошаемое земледелие, коммунальное хозяйство, промышленность, энергетика, сельские населенные пункты, животноводство, рыбное хозяйство. Отрасли не потребляющие, но пользующиеся водой являются рекреационные хозяйства, водный транспорт, гидроэнергетика.

В зоне орошаемого земледелия устойчивость сельскохозяйственного производства определяется производственными, экономическими и социально-экологическими условиями, которая обеспечивается следующими основными факторами: наличием водных ресурсов; интегрированным и эффективным управлением водными ресурсами; уровнем технического состояния мелиоративных систем; надежностью работы мелиоративных систем; экономической устойчивостью сельскохозяйственного производства; социальной и экологической устойчивостью регионов.

В этих условиях стратегия развития водообеспечения должна строиться таким образом, чтобы решение социально-экономических проблем, с учетом экономических требований, осуществлялось на основе продуманного рационального природопользования, т.е. необходимо оптимальное сочетание интересов экономического, социального и экологического характера.

Новый подход в организации рационального природопользования, ориентированный на достижение стратегических целей отраслей экономики и сохранение окружающей среды, требует принципиально новых методов подготовки и принятия управленческих решений в области использования и охраны водных и земельных ресурсов.

Крайне неравномерное распределение водных ресурсов по территории и по времени, недостаточный учет «водного фактора» при размещении промыш-

ленности и сельского хозяйства, быстрый рост водопотребления, несовершенная практика использования и охраны водных ресурсов - все это привело к тому, что в одних районах уже остро ощущается недостаток воды, а в других дефицит воды ожидается в ближайшем будущем.

Напряженность водохозяйственного баланса (сопоставление потребностей в воде с ее наличием в источнике) в республике особенно остро начало ощущаться в последние годы и территориально это относится к зонам традиционно сложившегося орошаемого земледелия, что обусловлено рядом объективных причин: размещение водоемких потребителей не соответствует распределению водных ресурсов; значительное межгодовое колебание стока, а также внутригодовое его распределение, как правило, не соответствует внутригодовому распределению потребностей в воде; необходимость специальных гарантированных попусков на реках для экологических целей, и ряд других.

Наряду с объективными есть и субъективные причины нарастания напряженности водохозяйственного баланса: часть водных ресурсов растрачивается из-за нерационального использования, обусловленных значительными потерями воды на фильтрацию; отсутствием водоизмерительных устройств, что затрудняет контроль за режимом орошения и приводит к перерасходу воды; низкое качество или отсутствие планировки полей; слабое внедрение совершенной поливной техники и др.

Годовой сток поверхностных водных ресурсов республики составляет $100,9 \text{ км}^3$, из которых около 44 км^3 берут свое начало в соседних странах. Как показали произведенные расчеты, около 43 км^3 можно использовать для развития отраслей экономики, в том числе около 37 км^3 - в аграрном секторе.

Дополнительными источниками пресной воды являются подземные воды. Потенциальный годовой объем годных к употреблению подземных вод равен 15 км^3 , главным образом, на юго-востоке, из которых $1,13 \text{ км}^3$ уже используется.

Отличительной особенностью гидрографии бассейнов трансграничных рек является то, что значительная часть поверхностных водных ресурсов формируются на территории сопредельных стран (Китай, Киргизия, Россия), поэтому одной из основных задач управления водными ресурсами бассейнов рек, является обеспечение принятия всех мер, способствующих поступлению на территорию бассейна причитающейся ему доли воды. Распределение стока этих рек между Казахстаном и сопредельными странами осуществляется в соответствии с Положениями о водodelении трансграничных рек.

В тоже время реализация задач поступления на территорию республики по бассейнам рек причитающейся ему доли воды затруднена рядом объективных и субъективных причин:

- не участие Бассейновых инспекций (БИ) по бассейнам трансграничных рек в процессах определения объемов работ и финансирования объектов межгосударственного (совместного) пользования в бассейнах рек, что приводит к отсутствию рычагов воздействия на водников сопредельного государства для строгого соблюдения ими условий межгосударственного водodelения;

- отсутствие в структуре БИ отдела межгосударственного и межобластного водodelения;

- развал существовавшей до середины 1980-х годов гидрометрической службы на озерах, малых реках и внутрихозяйственных источниках бассейнов рек, в результате которой утеряна возможность ведения достоверного учета наличия и использования вод этих водных объектов;

- невозможность определения фактического (реального) стока рек из-за выхода из строя опорных гидрометрических постов в зоне формирования стока, по которым, согласно «Положения о водodelении ...» определяются водные ресурсы трансграничных рек, подлежащие делению.

Одним из факторов, определившим изменения в секторе водных ресурсов является растущая конкуренция между водопользователями, особенно в условиях Центральной Азии, что обусловлено резко выраженным аридным климатом. Независимость государств обозначила определенные различия при оценке

соответствующих приоритетов водопользования в условиях трансграничного стока.

Накапливаемый конфликтный потенциал водodelения в центрально-азиатских государствах, которые усугубляются процессами, связанными с суверенизацией этих республик и обусловлен попыткой водораспределения, исходя из интересов отдельных стран, расположенных в бассейнах рек. Сложность решения вопроса межгосударственного использования трансграничных водотоков обусловлено, прежде всего, противоречивыми требованиями энергетики и ирригации к режиму речного стока. Например, ежегодный ущерб от работы Токтогульского гидроузла в ирригационном режиме для Республики Кыргызстан оценивается в 110 млн. долларов США. В то же время, по причине не поступления в необходимом объеме в вегетационный период в низовья воды, в результате перехода Токтогульского водохранилища на энергетический режим, прямой ущерб для Казахстана и Узбекистана составляет около 800 млн. долларов США [1].

В последнее время все большее значение в проблеме водоустройства республики приобретает качество вод в источниках. Под влиянием хозяйственной деятельности последних лет, существенно изменился гидрохимический, гидробиологический и санитарный режимы практически всех речных бассейнов. Самоочищающаяся способность многих рек исчерпана, а некоторых снижена настолько, что это привело к опасной экологической обстановке. Прямое влияние на качественный состав поверхностных вод оказывает антропогенная деятельность, проявляющаяся в интенсивном развитии сельского хозяйства, промышленности, энергетики и коммунального хозяйства. Постоянно увеличивающийся объем сточных и коллекторно-дренажных вод, а также интенсивное использование в сельском хозяйстве удобрений и гербицидов, является главной причиной наличия различных загрязнителей в речной воде. В связи с этим на современном уровне дефицит водных ресурсов определяется не только их количеством, но и качеством. Влияние антропогенного воздействия

на количественную и качественную структуру речного стока в последние годы приобретает резко выраженный негативный характер.

Анализ качества поверхностных водных ресурсов рек бассейнов показывает, что гидрохимический режим в пределах Казахстанского экономического района определяется с одной стороны, качеством воды, поступающей с сопредельных стран и, с другой стороны, нагрузкой на водотоки отраслями промышленности и аграрным сектором. В бассейнах рек практически отсутствуют количественный и качественный учет сбросных и дренажных вод, загрязняющих поверхностные водотоки. К числу основных загрязняющих веществ относятся нитриты, фториды, азот аммонийный, нефтепродукты, фенол и др.

Качество воды речных бассейнов, в значительной степени не соответствует нормам санитарно-эпидемиологических требований содержания вредных веществ в водоемах хозяйственно-бытового и рыбохозяйственного пользования. Содержание солей здесь в отдельных случаях значительно превышает норму ПДК. Вследствие значительной загрязненности и дефицита воды, в экологически кризисных районах бассейна, наблюдается высокий уровень заболеваемости среди местного населения. Широко распространены болезни, передаваемые с питьевой водой (гепатит, тиф, желудочно-кишечные и другие заболевания). Для улучшения санитарно-эпидемиологической ситуации, необходимо всемерно добиваться снижения сброса сточных вод в водные объекты. Большое значение имеет проведение работ по опреснению коллекторно-дренажных вод и осуществление комплекса водоохраных мероприятий.

На территорию Казахстана из сопредельных стран фактически поступает чрезвычайно загрязненный остаточный сток. Например, если минерализация воды в верховье реки Сырдарьи не превышает 0,3-0,5 г/л, то при выходе из Ферганской долины достигает 1,2-1,4 г/л, в створе Шардаринского водохранилища - 1,4-1,6 г/л, а в створе Казалинска - 1,6-2,0 г/л. Аналогичная картина прослеживается и по другим речным бассейнам Казахстана.

Из общего количества водопользователей большинство составляют сельхозтоваропроизводители (82%), предприятия промышленности (11%) и жилищно-коммунального хозяйства (7%). В связи с наметившимися в стране улучшениями (экономическими, финансовыми) в этих отраслях возможно дальнейшее увеличение количества водопользователей и объемов потребления воды.

Общий объем забора свежей воды для использования, поданным КВР МСХ РК, по бассейнам рек Казахстана в 2012 году составил 21389,5 млн. м³, в том числе из поверхностных источников 20256,8 млн. м³, из подземных 1132,7 млн. м³.

Забор воды по бассейнам рек Казахстана в 2012 году по сравнению с 2002 годом увеличился на регулярное орошение - на 23,6%, в коммунальном хозяйстве на 20,8% и промышленности на 78,5%.

Увеличение водозабора на жилищно - коммунальные услуги происходит ввиду изношенности водопроводной сети, неудовлетворительного технического состояния системы водоснабжения. Увеличение водозабора на промышленные нужды обусловлено ростом числа действующих промпредприятий, особенно в последние годы, что свидетельствует о росте данной отрасли, где активно проводится работа по созданию новых производств, реконструкции и техническому перевооружению промышленных предприятий.

Важным резервом экономии водных ресурсов, особенно в промышленности, является повторное и обратное водоснабжение. При внедрении его в водном хозяйстве потребность в заборе воды снизится в 25-30 раз, соответственно уменьшится и сброс. Объемы повторного и обратного водоснабжения по бассейнам рек за рассматриваемый период увеличились на 1961,57 млн. м³, в том числе: обратное водоснабжение на 2019,18 млн. м³ и повторное водоснабжение уменьшилось на 57,61 млн. м³.

Анализ данных государственного учета Комитета по водным ресурсам по форме 2ТП (водхоз), отражающих состояние использования вод и

водоотведения по отраслям экономики, бассейнам рек за период позволяет сделать следующие выводы.

Общий объем забора свежей воды в разрезе отраслей экономики в 2012 году в сравнении 2002 годом увеличился на 284,35 млн. м³ и составил 21389,5 млн.м³. Забрано из поверхностных водных объектов - 20256,8 млн. м³, из подземных - 1132,7 млн. м³.

Всего использовано пресной воды на различные нужды в объеме - 18402,9 млн. м³, из них: хозбытовые - 724,4 млн. м³; производственные - 5240,5 млн. м³; орошение регулярное - 8692,9 млн. м³; орошение лиманное - 146,6 млн. м³; сельхозводоснабжение - 202,9 млн. м³; обводнение пастбищ - 98,4 млн. м³; прудовое хозяйство - 269,8 млн. м³; прочие - 1766,9 млн. м³.

Переход нашей республики к устойчивому развитию предполагает создание правовой основы, совершенствование действующего законодательства, внедрение экономического механизма водопользования и институционального устройства национальных организаций по управлению водными ресурсами.

Для решения этих задач государством Казахстана было разработано несколько программ, таких как:

- Программа по развитию агропромышленного комплекса в РК на 2013 - 2020 годы, «Агробизнес-2020», целью, которой является создание условий для повышения конкурентоспособности субъектов агропромышленного комплекса;

- Концепция "зеленой экономики" (2013). Приоритетные цели, которой, включают: повышение производительности ресурсов (таких как вода, земля и биологические ресурсы), повышение эффективности управления ресурсами, повышение качества окружающей среды за счет сокращения степени воздействия на нее;

- Программа «Жасыл даму» на 2010 – 2014 годы. Целью, которой является сокращение площади опустыненных и деградированных земель, сохранение редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животного мира, увеличение угодий, покрытых лесом [2];

- Государственная программа управления водными ресурсами Казахстана на 2014-2040 годы [3]. Целью программы является реконструкция и модернизация ирригационных систем орошаемых земель до 2020 года на площади 1800 тыс. га, до 2040 года на площади 2500,0 тыс. га; снижение оросительной нормы в среднем по республике с 9180 метров кубических/гектар (м3/га) до 7100 м3/га; обеспечение водой потребностей природных объектов для сохранения и улучшения их экологического состояния (таблица 1).

Таблица 1 - План мероприятий по реализации Государственной программы управления водными ресурсами Казахстана на 2014 - 2040 годы, млн. тенге

№ п/п	Мероприятия и показатели по Программе управления водными ресурсами	1 этап 2016-2020 гг.	2 этап 2020-2040 гг.	Всего за 2016-2040 гг.
	Общие расходы по Программе	1 830 780	7 425 605	9 256 385
1.	Рациональное использование водных ресурсов в сельском хозяйстве	394 116	1 075 473	1 469 589
1.1	Планирование развития водопользования в сельском хозяйстве	14 151	300	14 451
1.2	Восстановление инфраструктуры	229 965	445 173	675 138
1.3	Внедрение современных методов ведения хозяйства	150 000	630 000	780 000
3	Справедливое вододеление трансграничных рек	1 772	869	2 641
4	Регулирование внутренних водных ресурсов	372 209	1 032 105	1 404 314
4.1	Реконструкция инфраструктуры для сокращения потерь и обеспечения безопасности	342 609	906 105	1 248 714
4.2	Обслуживание объектов инфраструктуры	29 600	126 000	155 600
5	Развитие национальной инфраструктуры регулирования и переброски поверхностных вод	105 880	728 327	834 207
5.1	Планирование новых инфраструктурных проектов	798	34 682	35 480
5.2	Реализация проектов в соответствии с планом развития инфраструктуры	105 082	693 645	798 727
6	Обеспечение подземными водами	19 813	1 150	20 963
7	Обеспечение доступа к централизованному водоснабжению водоотведению	866 170	4 497 360	5 363 530
8	Управление водными ресурсами	2 700	10 710	13 410
9	Совершенствование тарифной политики и регулирования	68 120	79 611	147 731
	По источникам финансирования:			
	-Республиканский бюджет	1 184 963	4 388 860	5 573 823
	- Местный бюджет	47 181	257 000	304 181
	- Займы МБРР	32 253	7 261	39 514
	- Частные средства	566 382	2 772 485	3 338 867

Как отмечается в «Программе», Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан планирует к 2040 г. увеличить площадь земель, на которых осуществляется регулярное орошение, с 1,4 до 2,1 млн. га за счет восстановления неиспользуемых орошаемых земель.

В целом, намечаемые структурные преобразования системы управления водными ресурсами республики, намеченные в «Государственной программе управления водными ресурсами РК на 2014-2040гг», должны способствовать четкой координации и тесному сотрудничеству среди отраслевых агентств и между региональными и республиканскими ведомствами, рациональному и экономному использованию располагаемых страной водных ресурсов на всех уровнях, а также укреплению межгосударственного сотрудничества с целью эффективного управления трансграничными водами сопредельных речных бассейнов.

Своевременное решение вопросов, затронутых в программах, позволит обеспечить возрождение устойчивой и высокоэффективной подотрасли АПК – орошаемого земледелия, ориентированной на обеспечение продовольственной безопасности и решение социально-экономических проблем страны.

Библиографический список

1. Богомолов Ю. и аналитическая группа «Водные ресурсы стран Центральной Азии в рыночных условиях». - Москва, 2007г.
2. Н. Назарбаев. Ключи от кризиса // Российская газета. Центральный выпуск № 4839. — 2009. — 2 февр.
3. Государственная программа управления водными ресурсами Республики Казахстан на 2014-2040 годы/ МОС и ВР. - Астана, 2013. - 72 с.

**Современные задачи мониторинга водных объектов
агропромышленного комплекса**

Т.В. Наумова, кандидат технических наук

***ФГБНУ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ ИМЕНИ А.Н. КОСТЯКОВА»,***

г. Москва, Россия

Е.В. Овчинникова, кандидат технических наук

***ФГБНУ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ ИМЕНИ А.Н. КОСТЯКОВА»,***

г. Москва, Россия

И.Ф. Пикалова, кандидат технических наук, профессор

***ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ – МСХА ИМЕНИ К. А. ТИМИРЯЗЕВА», г. Москва, Россия***

В статье рассмотрены современные задачи мониторинга водных объектов агропромышленного комплекса, исходя из требований модернизации в области эксплуатации оросительных систем и реализации комплекса экологических проблем

The article discusses modern tasks of monitoring of water objects of agro industrial complex according to the needs of modernization in the operation of irrigation systems and implementation of complex environmental problems

Исходя из положений Федеральной программы "Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах", план модернизации водных объектов АПК, главным образом, средних и крупных оросительных систем должен включать не только восстановление и реконструкцию инженерной инфраструктуры, но и «формирование системы

текущего и оперативного управления, контроля и мониторинга для достижения целевых показателей» [1].

Данный пункт Программы определяет направление модернизации крупных и средних оросительных систем, т.к. в ближайшее время не предусматривается их новое строительство. Поэтому модернизация крупных и средних оросительных систем должна ассоциироваться с переходом на современный уровень их эксплуатации, который направлен на удовлетворение потребностей сельского хозяйства при использовании наилучшим образом доступных ресурсов и технологий, а также на прогнозирование различных негативных явлений, выполняемых на основе мониторинга и оценки.

Согласно определению Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), модернизация – это процесс обновления технического и управленческого аспектов оросительных систем (в противоположность обыкновенному восстановлению), с целью улучшения эксплуатации ресурсов (трудовых, водных, экономических, экологических) и оказания услуг по водообеспечению сельского хозяйства [2].

Мониторинг – главный источник данных об обратной связи в системе управления водными ресурсами [3], поэтому представляет собой непрерывный процесс от формулирования целей и задач в решении проблемы до разработки и реализации соответствующих рекомендаций с последующим проведением новых наблюдений для оценки эффективности принятых решений (рисунок 1).

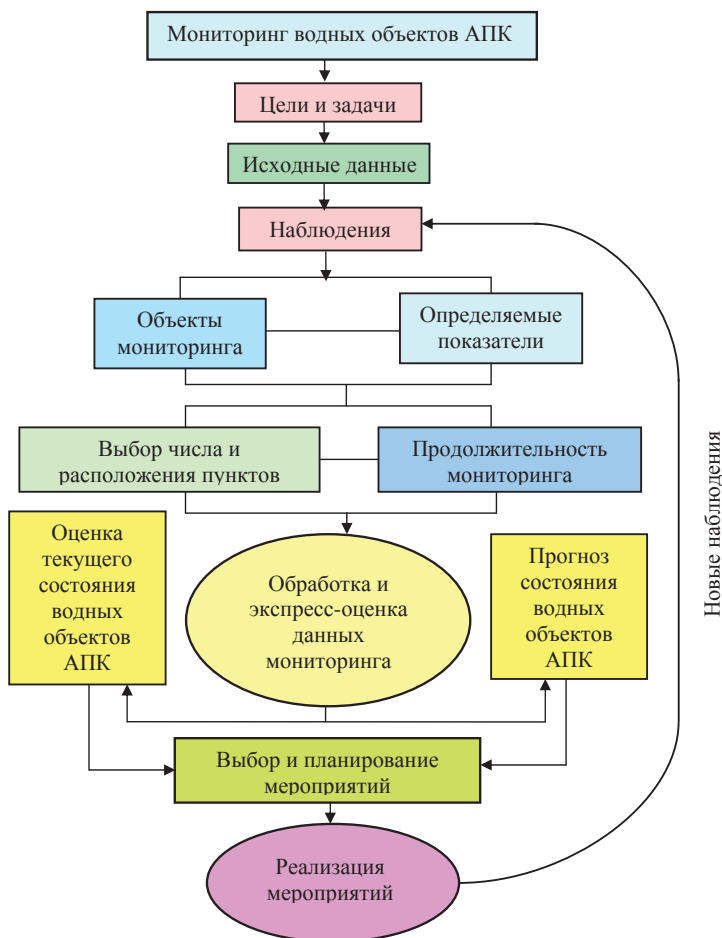


Рисунок 1 Схема мониторинга водных объектов АПК

Под мониторингом оросительной системы подразумевается систематический сбор информации, и ее использование с тем, чтобы помочь управляющему персоналу в принятии решений по:

- эксплуатации и оперативному управлению (какие корректирующие действия необходимо предпринять);
- средствам управления (использование современного измерительного оборудования с программным обеспечением, системы диспетчерского управления и сбора данных и т.д.);

- средне- и долгосрочному планированию мероприятий.

Мониторинг должен также охватывать область технического обслуживания инфраструктуры оросительной системы для обеспечения ее безопасности в соответствии с законом о безопасности гидротехнических сооружений [4]. Несмотря на то, что техобслуживание и эксплуатация совершенно разные, по сути, они тесно связаны с управлением орошением. Эксплуатация связана с регулированием режима работы сооружений, в то время как техобслуживание - это поддержка пропускной способности сооружений. Поэтому важно не смешивать эксплуатацию с техобслуживанием. Тем не менее, обнаружение и диагностика тенденций или изменений гидравлических параметров канала (в результате заилиения, зарастания каналов, и т.д.) является существенной частью эксплуатации.

Проведение мониторинга и сбор информации не имеет никакого смысла, если результаты их не анализируются и не используются для разработки решений по эффективному управлению водой. Поэтому проведение оценки и сравнительного анализа представляет собой систематический процесс для повышения эффективности работы оросительной системы через сопоставления с выполнимыми внутренними или внешними целями, нормами и стандартами.

Инструментом мониторинга является процедура экспресс - оценки (ПЭО), которая представляет собой систематический набор процедур для оценки эксплуатационных характеристик и дает квалифицированному персоналу четкую картину того, где условия должны быть улучшены, а также оказывает помощь в определении приоритетности этапов по технической модернизации. За короткий период, всего в несколько недель, ПЭО обеспечивает достаточно информации для определения инвестиций в разные проекты и определения приоритетов конкретных действий в рамках отдельных ирригационных проектов. Деятельность, параллельная ПЭО, называется сравнительным анализом. Сравнительный анализ используется как на государственном уровне, так и на частном уровне управления.

Таким образом, если оценка или сравнительный (экспертный) анализ эксплуатационных характеристик не выполнена должным образом, то весь процесс модернизации, вероятно, будет неудачным и не принесет желаемых результатов.

Регулярное проведение мониторинга и экспресс - оценки через определенные промежутки времени необходимы для принятия обоснованных решений операторами и важны для оценки предоставления услуг пользователям. Поэтому мониторинг и оценка имеют дело с состоянием сооружений системы и расходами в узловых точках, а также услугами, которые предоставляются пользователям.

Ключевым моментом современного управления является управление, ориентированное на обслуживание (VOO), поэтому четкое видение водообеспечения, в основе которого лежит водоучет (водный баланс), обеспечивает оптимальную оценку возможностей и ограничений оросительной системы для соответствующих стратегий водораспределения. Необходимо иметь точные сведения обо всех объемах и направлениях движения поверхностных и грунтовых вод. Однако для регулярного мониторинга и принятия решений по управлению водными ресурсами требуется более детальный водный баланс, включающий следующие базовые параметры потока:

- заборы воды на орошение;
- поверхностный сток речного бассейна (интеграция оросительной системы с водными ресурсами речного бассейна);
- транспирация с полей и других объектов, таких как каналы, дрены и прочие неорошаемые площади;
- осадки в пределах территориальных границ;
- открытый дренаж, боковые потоки подземных вод и вертикальный дренаж в пределах нижней границы.

Знание водного баланса подконтрольной зоны является важным не только для достижения высокой эффективности управления, но также и для того,

чтобы попытаться найти решение таких экологических проблем, как подтопление в результате прохождения весенних или дождевых паводков, эрозия почв, а также ухудшение качества воды, забираемой из водоисточников.

В рамках ирригационной системы есть несколько общих внешних факторов, с которыми приходится иметь дело службам эксплуатации:

- хозяйственно-бытовое водоснабжение сельской местности;
- использование водотоков и водоемов для рыболовства;
- водоснабжение для животноводства;
- экологические потребности (подпитка подземных вод, заболачивание, засоление, дренаж и возвратный сток из подконтрольной зоны в естественные водотоки);
- рекреационные потребности.

Производство энергии гидроэлектростанциями, входящего в состав плотинного водозаборного гидроузла, иногда является еще одним важным видом использования воды, аккумулируемой в водохранилищах комплексного использования.

При эксплуатации оросительной системы также должны учитываться некоторые требования сельского хозяйства, оказывающего влияние на характер обслуживания, такие как:

- нормы полива (требования сельскохозяйственных культур по воде);
- источник воды для полива: поверхностные / грунтовые воды, атмосферные осадки и т.д.;
- характеристики почвы.

Кроме того, необходимо рассматривать различные временные масштабы, от сезонного распределения воды (объем, в зависимости от ожидаемых общих потребностей) до ежесуточных физических переменных таких, как уровни и расходов воды, высоты открытия затворов водозаборов и шлюзов-регуляторов, а также величин расходов воды водопользователями.

Эксплуатационные показатели должны рассматриваться с трех позиций: (1) обслуживание пользователей; (2) эффективность управления ресурсами; (3) затраты на эксплуатацию и технического обслуживания.

Для эффективной эксплуатации мониторинг должен обеспечивать сбор, обработку и передачу информации.

Функция передачи информации обеспечивает то, что собранная на местах информация доступна для центров принятия решений в реальном времени или близком к нему режиме. Данная функция все больше выполняется с помощью устройств беспроводной связи. Система диспетчерского управления и сбора данных (SCADA) – это система, которую часто используют для сбора, отображения, архивирования, передачи информации и контроля на ирригационной системе. Информация и системы поддержки принятия решений включает в себя программное обеспечение баз данных, существующие ГИС-файлы (растровые и векторные), статистические пакеты и т.д. При необходимости, системы поддержки принятия решений должны легко интегрироваться с существующими программными обеспечениями.

При проведении процедуры экспресс - оценки широкое распространение получил метод картирования различных параметров системы с использованием ГИС-технологий. Так картографические оценки пропускной способности инфраструктуры, обслуживания водопользователей, гидрографической сети и водного баланса, а также затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание особенно важны для выработки практических стратегий управления водой и эффективного вододеления, в частности, в системах с периодически повторяющимся дефицитом воды.

Помимо решения задач совершенствования методов эксплуатации и повышения эффективности режима работы самих оросительных систем, в настоящее время остро стоят экологические вопросы предотвращения загрязнения и деградации водных объектов. Следует особо отметить, что проблема качества поверхностных и грунтовых вод усложняется еще и тем, что сельское хозяйство представляет собой рассредоточенный источник

загрязнения и, поэтому использование метода картирования, например, в определении опасных эрозионных пахотных участков, снижающих не только плодородие почв, но и попаданию химических и органических удобрений в водные объекты [5].

Таким образом, современные задачи мониторинга водных объектов АПК, являющегося базовой составляющей управления, определяются требованиями модернизации в области эксплуатации оросительных систем и реализации комплекса экологических задач, которые направлены на удовлетворение потребностей сельского хозяйства при использовании наилучшим образом доступных ресурсов и новейших технологий.

Библиографический список

1. **ФЦП: Программа "Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах"** (утв. постановлением Правительства РФ от 19 апреля 2012 г. № 350) – [Электронный ресурс]/

<http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70066354/>

2. **Даниэль Рено** Модернизация управления орошением – методика MASSCOTE Даниэль Рено, Тьерри Факон, Робина Вахадж // Организация ООН по вопросам продовольствия и сельского хозяйства.- Рим: 2011 [Электронный ресурс] / http://www.cawater-info.net/bk/improvement-irrigated-agriculture/files/masscote_fao_63.pdf

3. **Тихонова, И.О.** Экологический мониторинг водных объектов [Текст] / И.О. Тихонова, Н.Е. Кручинина, А.В. Десятов.- М.: «Форум», 2012, -151 с.

4. **Федеральный закон 117-ФЗ от 21 июля 1997 г. «О безопасности гидротехнических сооружений»** – [Электронный ресурс]/

<http://www.pr-soft.ru/e-lib/Data1/7/7768/index.htm#i25347>

5. **Киселева, О.Е.** Противоэрозионное обустройство склоновых земель в бассейнах малых рек на основе ГИС-технологий [Текст]/ О.Е. Киселева, Н.В. Коломийцев // Природообустройство, 2010, №1, с.21-27.

Судук Е. Ю., к.с.-х. наук

(Национальный университет водного хозяйства и природопользования,

г. Ровно, Украина)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЙ СРЕДЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ УКРАИНЫ

Рассмотрены теоретико-методологические и научно-практические подходы к усовершенствованию институциональной среды использования водных ресурсов. Определено понятие институциональной среды водохозяйственного сектора экономики. Сформулированы основные направления решения проблем устойчивого развития водного хозяйства в контексте «зеленой экономики»

The theoretical and methodological, scientific and practical approaches of improving the institutional environment of water resources' use are considered. The concept of the institutional environment of water management sector is defined. The basic ways of solving the sustainable development' problems of water management in the context of "green economy" are proposed

Вода – неотъемлемая часть каждой эколого-социальной системы и критическое ухудшение ее состояния, вызванное антропогенным воздействием на водные объекты, неизбежно приводит к природным и социально-экономическим кризисам. В связи с этим вода стала одним из главных лимитирующих факторов экономического развития.

Рыночные преобразования в украинской экономике и ее вхождение в мировое экономическое пространство требуют существенных изменений процесса развития отечественного водохозяйственного сектора. Исследование и анализ проблем его развития позволяет сформулировать вывод о

необходимости последовательной институционализации этого сектора экономики.

Анализу институциональной среды в переходной экономике посвящены исследования зарубежных и отечественных ученых Дж. Бьюкенена, М. Вэбэра, Т. Веблена, О. Вильямсона, Л. Дэвиса, Т. Еггертсона, Р. Коуза, Д. Норта, Дж. Оксли, А. Аслунда, В. Вольчика, М. Дерябиной, Р. Капелюшникова, С. Кирдиной, Г. Клейнера, Я. Корнай, Я. Кузьмина, Ю. Латова, Р. Нуреева, А. Олейника, В. Полтеровича, В. Радаева, А. Скоробогатова, В. Тамбовцева, А. Амоша, С. Архиреева, С. Варналия, С. Ватаманюка, А. Гальчинского, А. Гриценка, В. Дементьева, В. Кредисова, О. Яременка и др. [1 – 6].

Целью статьи является исследование институциональной среды Украины и формирование основных направлений ее усовершенствования с учетом эффективного использования водохозяйственного комплекса Украины в контексте «зеленой экономики».

Институциональная среда водохозяйственного сектора экономики – это совокупность политических и экономических правил, неформальных (традиционных) норм, которые создают условия для формирования эффективной системы водохозяйственного управления, структурируют хозяйственную деятельность в нем и являются фундаментальной предпосылкой преобразований в водохозяйственной сфере. Институциональные преобразования в водном секторе должны обеспечить сбалансированное решение социально-экономических задач и проблем восстановления и сохранения водно-ресурсного потенциала водохозяйственного комплекса (ВХК). Регулирующая роль государства в этом процессе является основополагающей, а хозяйственная деятельность промышленных, сельскохозяйственных и других предприятий должна базироваться на экологических приоритетах.

В концептуальном аспекте институциональная среда должна развиваться в направлении обеспечения условий для воспроизведения эколого-ориентированных форм хозяйствования в соответствующем пространстве [7].

Основные направления усовершенствования институциональной среды водного хозяйства Украины в контексте «зеленой экономики» представлены на рис. 1.



Рис. 1. Основные направления усовершенствования институциональной среды водного хозяйства в контексте «зеленой экономики»

Решение существующих проблем по снижению антропогенной нагрузки на водные экосистемы и степени вовлечения водных ресурсов в хозяйственный оборот должно осуществляться на государственном уровне с учетом новых институциональных условий. Однако на сегодня существующая система управления водохозяйственной комплексом Украины не обеспечивает надлежащего уровня управления водами в речных бассейнах, неэффективным оказался механизм регулирования водопользования. Требуется усовершенствования система платного водопользования, в частности оптимизация нормативной базы и повышение регулирующей роли платежей за специальное водопользование, совершенствование механизма финансирования мероприятий по охране и воспроизводству водных ресурсов, применения программно-целевых подходов к реализации задач развития водохозяйственного комплекса. Согласно современным условиям политика устойчивого водопользования должна базироваться на экосистемном подходе к планированию водопользования и осуществлению водоохранной и водохозяйственной деятельности, минимизации антропогенного воздействия на водные объекты, балансе между экологическими и экономическими приоритетами при управлении водными ресурсами, согласовании интересов водопользователей, сохранении устойчивости природных водных экосистем, предупреждении и снижении опасностей, предотвращении чрезвычайных ситуаций, возникших в результате нерационального использования водных ресурсов или вредного воздействия вод, платности и полном возмещении использования ресурсов (биологических, гидроэнергетических и др.) водных объектов.

Инновационным целесообразно считать теоретическое направление определение водного следа. В частности, кроме уже знакомого «углеродного следа» («carbon footprint») существует «водный след» («water footprint»), который определяется как объем воды, необходимый для производства товаров и услуг. Это понятие, как правило, применяется в отношении потребителя воды и учитывает источник потребляемой воды, а также время потребления.

«Водного следа» не достаточно, чтобы описать общие потенциально возможные экологические воздействия на экосистемы, здоровье человека и др. Однако, такая оценка даст возможность оценить последствия, связанные с нерациональным использованием водных ресурсов. Она также может быть частью более комплексной экологической оценки.

Наибольший «водный след» у жителей таких стран, как США, Греция, Малайзия, Италия, Таиланд и др. (2100 – 2500 м³ воды в год на душу населения). Ряд государств из этого списка стран вынуждены импортировать воду, чтобы сохранять водопотребление на прежнем уровне. Высокий уровень «водного следа» на душу населения обеспечивается за счет импорта воды в США на 19%, Греции на 35%, Малайзии на 28%, Италии на 51%, Таиланде на 8% [8]. Почти 60% водного следа производства поглощает сельхозпроизводство. В Украине средний показатель «водного следа» составляет 1575 м³/чел/год, в то время как средний мировой показатель – 1385 м³/чел/год. За пределы страны выходит 6,7% водного следа [9].

По величине местного стока Украина в миниатюре напоминает планету от зон полной обеспеченности (Закарпатская, Ивано-Франковска, Черновицкая области) до «водного голода» (менее 1 тыс. м³) – 11 областей, в основном южные и восточные регионы Украины. Фактически только благодаря трансграничным водным ресурсам страна в целом и ее области, в частности, относятся к зоне умеренного водоснабжения [9]. Проблема дефицита водных ресурсов и ухудшения качества поверхностных вод свидетельствует о необходимости формирования эффективной системы управления ВХК.

Неоднократная реорганизация структур управления водными ресурсами в Украине продемонстрировала, что подобное реформирование невозможно осуществить в короткие сроки. Действительно, приходится рассматривать и решать такие вопросы как структуризация органов управления водными ресурсами и разделение сфер компетенции между ними; наработки законодательной базы; разработка и реализация экономических механизмов и методов экономического стимулирования рационального водопользования.

Важнейшую функцию в управлении водными ресурсами в Украине выполняют следующие структуры: Министерство охраны окружающей природной среды, которому подчиняются Государственное агентство водных ресурсов Украины, Государственный комитет по гидрометеорологии и Государственная служба геологии и недр Украины (рис. 2).



Рис. 2. Институциональная структура управления водными ресурсами Украины

Государственное агентство водных ресурсов Украины реализует государственную политику в сфере развития водного хозяйства и гидротехнических мелиораций земель, управления, использования и воспроизводства поверхностных водных ресурсов. Основными его задачами являются: реализация государственной политики в сфере управления, использования и воспроизводства поверхностных водных ресурсов, развитие водного хозяйства, мелиорации земель и эксплуатации государственных водохозяйственных объектов комплексного значения, межхозяйственных оросительных и осушительных систем и т.п. Государственное агентство водных ресурсов Украины является структурированной системой (рис. 3).

Организационная структура управления водными ресурсами в целом по Украине является достаточно сложной. Поэтому актуальной задачей является четкое разграничение функций, прав и обязанностей в системе управления водными ресурсами.

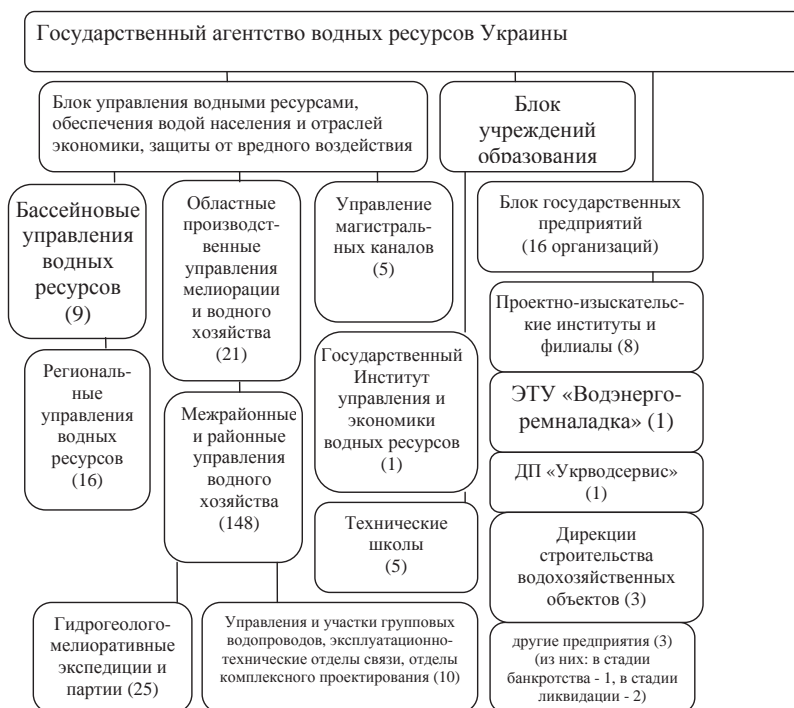


Рис. 3. Структура Государственного агентства водных ресурсов Украины

Территориальные органы на уровне субъектов обладают значительными возможностями по реализации функций управления, поскольку через них идет основная часть финансовых потоков. Однако эффективное управление водопользованием возможно только на бассейновом уровне и практически осуществляется в форме оперативных решений. Водное хозяйство требует принятия ряда законодательных актов, которые закрепили бы основные положения по его организации и разработке системы усовершенствования водных объектов.

Для реализации вышеуказанных положений необходимо совершенствовать организационный механизм управления. Такими учеными как: Голян В.А., Хвесик М.А., Яцык А.В., Хлобистов Е.В., Мишанина и др. [7, 11] были исследованы основные его составляющие. Данный механизм обеспечит

ликвидацию межведомственного дублирования функций управления и упорядочит процедуры выработки бассейновых соглашений, в которых задействованы механизмы взаимной заинтересованности сторон.

Кроме того, деятельность управленческих структур должна базироваться на сочетании административных методов и экономических механизмов. Основной целью совершенствования экономического механизма управления водными ресурсами является стимулирование сокращения антропогенной нагрузки на водные объекты. Достижение этой цели требует создания научно обоснованной системы тарифов, штрафов и поощрений. Реализация рыночных отношений в водопользовании предполагает также формирование рынка водных ресурсов. При этом процесс управления водными ресурсами предполагает существование различных рыночных механизмов, в частности: проведение маркетинговой водохозяйственной деятельности, страхование рисков водопользователей и др. Реорганизация экономических механизмов базируется на усовершенствовании структуры водохозяйственной отрасли, обеспечении прозрачности финансовых потоков и росте роли целевых фондов [7, 9].

Объем инвестиций в водохозяйственную отрасль, который лимитирует скорость реорганизации управления водопользованием и модернизации всего водного хозяйства, определяется состоянием экономики в целом. Очевидно, что в связи с экономическим и политическим кризисом, а также военными действиями на территории Украины отечественные финансовые ресурсы, доступные для их привлечения к решению проблемы совершенствования системы водопользования, в перспективе останутся достаточно ограниченными.

В общем совершенствование институциональной среды современного водопользования необходимо осуществлять на основе установления причинно-следственных связей проблемы рационального использования водных ресурсов, а также с учетом изменений институтов и технологий управления. Это касается вопросов сочетания новых управленческих технологий в рамках

обеспечения процессов самовоспроизводства хозяйственной деятельности на определенном территориальном пространстве единой цепи действий, которая включает этапы адекватной комплексной оценки водных ресурсов, определения ее рентной составляющей, обеспечения их капитализации и участие в бизнес-деятельности с последующим перераспределением полученных дивидендов на воспроизводство социо-эколого-экономического пространства.

С целью совершенствования институциональной среды использования водных ресурсов рекомендуется:

- обеспечить условия для ее системных трансформаций с ориентацией на активизацию процессов развития форм собственности на водные ресурсы; комплексную финансово-экономическую оценку водных ресурсов и их экосистемных свойств, корпоратизацию экономического пространства;

- определить направления рационального эколого-экономического водопользования на основе гармонизации интересов власти, бизнеса и государства путем обеспечения эффективных форм государственно-частного партнерства, основанных на принципах солидаризации и корпоратизации экологической ответственности;

- инициировать перед Верховной Радой Украины вопрос совершенствования правовой базы по расширению региональных полномочий в сфере владения, распоряжения и использования территориальных природных ресурсов на принципах устойчивого развития, с усилением юридической ответственности за нерациональное природоресурсное пользования.

Подытоживая изложенное, необходимо отметить, что активизация глобализационных процессов приводит к имплементации в институциональную структуру национальной экономики современных рыночных институтов, которые заставляют расширять спектр институциональных звеньев привлечения водных ресурсов в хозяйственный оборот, их восстановления, воспроизводства и охраны. Поэтому целесообразно формировать институциональный механизм экологосбалансированного водопользования, который будет оперировать широким спектром институциональных единиц.

1. Бьюкенен Дж. Конституция экономической политики / Дж. Бьюкенен // Вопросы экономики. – 1994. – №6. – С. 104 – 113.

2. Уильямсон О. Экономические институты капитализма. Фирмы, рынки, отношенческая контрактация / О. Уильямсон. – СПб. : Лениздат, 1996. – 702 с.

3. Норт Д. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики / Д. Норт. – М. : Фонд экономической книги Начала, 1997. – 180 с.

4. Oxley J. E. Institutional environment and the mechanism of governance: The impact of intellectual property protection on the structure of interfirm alliances / J. E. Oxley // Journal of Economic Behavior & Organization. – 1999. – No.38. – P. 283 – 309.

5. Олейник А. Институциональная экономика / А. Олейник. – М. : ИНФРА-М, 2002. – 416 с.

6. Яременко О. Л. Институциональные характеристики финансовой глобализации / О. Л. Яременко, Т. В. Розит // Научные труды ДонНТУ. Серия: экономическая. – Вып.37-1. – С. 153 – 157.

7. Сучасні напрями економічного забезпечення раціонального природокористування в Україні / за наук. ред. акад. НААН України, д.е.н., проф. М.А. Хвесика, д.г.-м.н., проф. С.О. Лизуна. – К.: ДУ ІЕПСР НАН України, 2013. – 64 с.

8. Власов В.І. Глобальні водні ресурси та їх використання // В.І. Власов, Д.В. Власов / Вісн. НАН України. – 2011. – №10. – С. 18-28.

9. Живая планета-2008. Всемирный фонд дикой природы: www.wwf.ru

10. Пряжинская В.Г., Паевская Н.Э., Ярошевский Д.М. Некоторые концептуальные вопросы реорганизации управления водными ресурсами России в современных экономических условиях // Водные ресурсы. 1993. Т. 20, № 5. С. 626-631.

11. Голян В.А. Інституціональне середовище водокористування: сучасний стан та механізм вдосконалення [монографія]/ за ред. В.А. Хорєва. – Луцьк: Твердиня, 2009. – 592 с.

Итоги ежегодного государственного мониторинга водных объектов, находящихся в ведении Министерства экологии и природопользования Московской области

Ежегодно, в рамках мониторинга окружающей среды, Министерство экологии и природопользования Московской области публикует, так называемый, информационный выпуск «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Московской области». Это официальный документ, разрабатываемый в целях обеспечения государственных органов управления, научных, проектных, производственных организаций и населения региона объективной систематизированной информацией в сфере экологии и охраны окружающей среды. Все данные, содержащиеся в выпуске, являются интеллектуальной собственностью Министерства, и основаны на официальных сведениях государственных и региональных ведомств, деятельность которых связана с охраной окружающей среды и природопользованием, их территориальных органов, научных, производственных и общественных организаций. В каждом выпуске представлена аналитическая информация характеризующая состояние окружающей среды и отдельных компонентов.

В целом структура Информационного выпуска отражает результаты анализа качества основных природных сред – атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв и земельных ресурсов, растительного и животного мира. Также уделяется особое внимание экологической ситуации в муниципальных образованиях Подмосковья и особо охраняемым природным территориям (ООПТ).

Проблемы, стоящие перед Московской областью в сфере экологии сложны, но решаемы, если объединить усилия органов государственной и муниципальной власти, организаций и предприятий-природопользователей, общественности.

В Информационном выпуске «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Московской области в 2014 году» в третьей главе представлена информация о состоянии, охране и использовании водных объектов. Этот раздел отражает обследования, проводимые по водно-ресурсному потенциалу, поверхностным водам, подземным водам, качеству вод поверхностных вод суши, а именно – сети наблюдений за загрязнением поверхностных вод, высоким и экстремально высоким загрязнениям поверхностных вод, основным водохозяйственным системам и наблюдательным сетям на них, обеспечению безопасности гидротехнических сооружений.

В рамках ежегодного государственного мониторинга водных объектов, проведенным ОАО «Геоцентр-Москва», в 2014 году в московском регионе зафиксирован 391 случай высокого загрязнения (ВЗ) различными веществами, что на 36 случаев меньше, чем в 2013 году, но на 25 случаев больше, чем в 2012 году. Случаев экстремально-высокого загрязнения (ЭВЗ) в 2014 году не зафиксировано.

Из общего числа ВЗ отмечено: 10 случаев органическими веществами по ХПК – в основном в реке Воймега; 14 случаев дефицита кислорода – в реках Воймега, Нерская; 15 случаев железом – в реках Воймега, Нерская, 39 случаев легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК₅) – в реках Москва, Пахра, Клязьма, Воймега, Медвенка, Зака; 166 случаев аммонийным азотом – в реках Москва, Пахра, Рожая, Клязьма, Ока, Воймега, Нара; 144 случая нитритным азотом – в реках Москва, Пахра, Зака, Медвенка, Клязьма, Ока, Лопасня.

По заказу Министерства экологии и природопользования Московской области согласно Государственному контракту № 1209-ЭКО от 12.03.2014 г. проведена работа «Эколого-геохимическая оценка состояния донных отложений рек бассейна реки Москва на территории Московской области от г. Москвы до устья». (Приложение 1) Цель работ - организация мониторинга донных отложений водотоков бассейна реки Москва в ее среднем и нижнем

течении, с учетом метеорологических факторов и определением гидрологических характеристик водотоков.

В соответствии с техническим заданием работы проводились в бассейне реки Москвы от г. Москвы до устья в районе городов: Балашиха, Люберцы, Раменское, Ногинск, Наро-Фоминск, Подольск, Домодедово.

Согласно техническому заданию в период летне-осенней межени 2014 года были проведены следующие работы:

1. Организованы и проведены наблюдения за гранулометрическим и химическим составом донных отложений на реках общей протяженностью более 450км., расположенных на территории Московской области в бассейне реки Москва в районе городов: Балашиха, Люберцы, Раменское, Ногинск, Наро-Фоминск, Подольск, Домодедово.

2. Проведено рекогносцировочное обследование бассейна реки Москва от г. Москвы и до устья в районе городов: Балашиха, Люберцы, Раменское, Ногинск, Наро-Фоминск, Подольск, Домодедово и выбрано местоположение створов наблюдений для отбора проб донных отложений в соответствии с техническим заданием (64 створа) на реке Москва и ее притоках, в соответствии с РД 52.18.595-96, с учетом метеорологических факторов и определением гидрологических характеристик водотоков.

3. Проведен единовременный отбор проб донных отложений в 64 створах наблюдений (по 3 пробы в каждом створе) в период летней межени с одновременным отбором проб воды на химический анализ. Произведено фотографирование створа наблюдений и береговой линии водотока.

4. Проведен химический анализ проб донных отложений по следующим показателям: рН, валовое содержание меди, цинка, хрома, никеля, свинца, кадмия, марганца, кобальта, железа, фенолов, формальдегида, СПАВ, нефтепродуктов. Химический анализ проб воды на 35 показателей качества (температура, водородный показатель, цветность, прозрачность, растворенный кислород, БПК₅, ХПК, взвешенные вещества, хлориды, сульфаты, ионы кальция, магния, суммарно натрий и калий, гидрокарбонаты, жесткость,

минерализация, азот нитратный, азот нитритный, азот аммонийный, кремний, железо, фосфаты, медь, цинк, хром шестивалентный, хром общий, никель, свинец, кадмий, марганец, фенолы, формальдегид, нефтепродукты, СПАВ, фториды).

5. Проведено определение гранулометрического состава донных отложений по методическим указаниям ГУ «ГГИ» Росгидромета «Инструкция по определению гранулометрического состава проб взвешенных наносов и донных отложений».

6. Проведено определение гидрологических характеристик реки Москва и ее притоков в период проведения полевых работ в 64 створах одновременно с отбором проб донных отложений и воды в соответствии с техническим заданием. В створах рек определены следующие гидрологические характеристики: ширина водотока, средняя и максимальная глубина, средняя и максимальная скорость течения водотока в створе проведения наблюдений. Одновременно зафиксировано состояние окружающей природной среды (метеорологические факторы), в том числе наличие атмосферных явлений. По итогам проведенных измерений в створах рек рассчитана площадь водного сечения, расход воды, представлено графическое изображение профиля русла каждого выбранного створа водотока.

7. Составлены протоколы количественного химического анализа проб донных отложений и воды по 64 створам и представлены в приложении. Кроме того данные о загрязнении оных отложений сведены в табличную форму согласно приложению к техническому заданию (Приказ Министерства природных ресурсов РФ от 07.05.2008г. №111, ф.24).

8. Проведено обобщение и анализ полученных морфометрических характеристик, гидрохимических данных и результатов химического состава донных отложений с целью выявления тенденций и закономерностей.

9. Подготовлен и представлен заказчику информационный отчет.

Согласно техническому заданию в отчете представлены следующие сведения:

-заверенные копии протоколов химического анализа проб донных отложений и воды;

-материалы по определению гранулометрического состава донных отложений, включая форму 24;

-сведения о качестве воды;

-материалы по гидрологическим характеристикам водотоков с графическим изображением поперечного профиля русла каждого обследованного створа водотока;

- представлено описание метеорологических факторов при отборе проб и возможных источников загрязнения;

-представлены сведения о метеорологических условиях формирования стока водных объектов в период проведения работ;

- представлено фотографическое изображение створов наблюдений и береговой линии водотока в день проведения полевых работ;

- даны предложения по природоохранным мероприятиям на основе проведенных работ, направленных на снижение процессов заиления исследованных водотоков;

- представлен перечень возможных источников загрязнения, влияющих на формирование донных отложений в исследуемых створах наблюдений.

На территории Московской области наблюдения за состоянием водохозяйственных систем и сооружений осуществляют, в основном, их владельцы и водопользователи. Наблюдения за состоянием ВХС осуществляются при подготовке и прохождении весеннего паводка, в том числе в составе комиссий с участием представителей Росприроднадзора и Отдела водных ресурсов по Московской области Московско-Окского БВУ Росводресурсы. (Приложение 2)

В XX веке в целях развития сельского хозяйства, гидроэнергетики, водообеспечения городов, а также в целях создания условий для отдыха возникала необходимость в регулировании использования водных ресурсов, предотвращения негативного воздействия вод и жидких отходов.

Для этих целей на территории Московской области было построено порядка 2000 гидротехнических сооружений (ГТС) в большинстве своем хозяйственным способом без проектной документации.

В рамках своих полномочий по решению вопросов обеспечения безопасности ГТС Минэкологии Московской области с 2003 года по 2012 год в рамках областной программы Экология Подмосковья проводилась инвентаризация ГТС различной формы собственности.

Так в 2003 году было обследовано - 88 ГТС, в 2004 году - 94 ГТС, в 2007 году - 568 ГТС, в 2008 году - 172 ГТС, в 2009 году - 164 ГТС, в 2011 году - 32 ГТС, в 2012 году - 85 ГТС (всего 1203 ГТС).

По результатам инвентаризации и по результатам информации из муниципальных образований Московской области в настоящее время сформирован Перечень ГТС, находящихся на территории Московской области. Всего на территории Московской области в настоящее время числится 1934 ГТС из них 820 бесхозные.

Наиболее крупными и наиболее значимыми для Московской области являются гидроузлы 2-3 классов (всего 15 в Московской области), которые эксплуатируются ОАО «Мосводоканал» (предназначены для источников водообеспечения Московского мегаполиса) и гидроузлы ФГУП «Канал им. Москвы» (предназначены для судоходства). Данные ГТС находятся в удовлетворительном техническом состоянии, и контролируются федеральными надзорными органами - Ростехнадзором и Ространснадзором.

В декабре 2013 года в Федеральный закон от 21.07.1997 № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» были внесены изменения, в соответствии с которыми проведение капитального ремонта, ликвидация и консервация бесхозных ГТС закреплены за субъектами РФ.

В этой связи в настоящее время основная деятельность Правительства Московской области направлена на обеспечение безопасности бесхозных ГТС 4 класса.

Бесхозные ГТС или ГТС собственник которых не определен в основном (более 90%), являются рекреационного, противопожарного и сельскохозяйственного назначения, относятся к 4 классу ГТС, не имеют службы, обеспечивающей их безопасную эксплуатацию и в большинстве своем нуждаются в проведении ремонтных работ.

Основная часть бесхозных ГТС является низконапорными сооружениями с небольшим объемом водохранилища и в случае аварии не представляют серьезной угрозы для населения, объектов экономики и жизнеобеспечения. На таких ГТС планируется провести капитальный ремонт.

В рамках Государственной программы Московской области «Экология и окружающая среда Подмосковья» на 2014-2018 годы (Программа) проведен капитальный ремонт на 2 бесхозных ГТС в Озерском и Каширском муниципальных районах (на общую сумму порядка 22 млн. рублей).

В 2015-2018 года в рамках Программы за счет средств бюджета Московской области и за счет средств федерального бюджета планируется проведение капитального ремонта 10 бесхозных ГТС.

Для уточнения технического состояния в рамках Программы планируется обследовать все бесхозные ГТС (в 2014-2015 годах уже обследованы 252 бесхозных ГТС).

По результатам полученных данных Минэкологии Московской области совместно с администрациями муниципальных образований Московской области будут приняты решения о целесообразности проведения капитального ремонта ГТС, либо о ликвидации или консервации бесхозных ГТС, которые не используются по назначению.

В соответствии с требованиями Минфина Московской области выделение финансовых средств на проведение капитального ремонта бесхозных ГТС возможно только в том случае, если бесхозное ГТС поставлено на учет в Управлении Росреестра по Московской области как бесхозный объект.

В этой связи одной из основных задач является определение собственников бесхозных ГТС или постановка бесхозных ГТС на учет как бесхозные объекты (законодательством РФ данные полномочия закреплены за органами местного самоуправления).

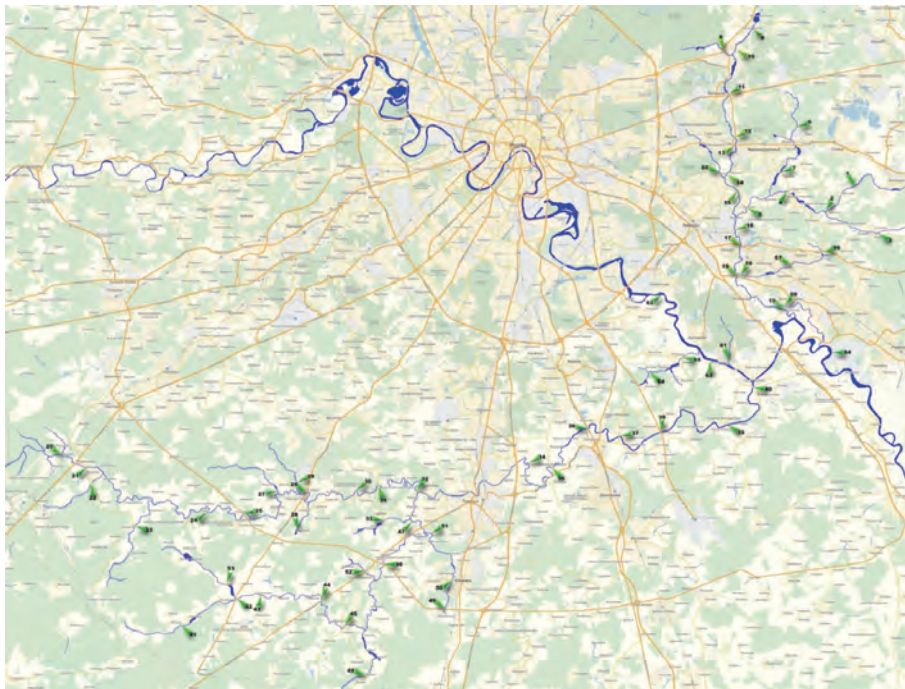
Так в результате работы, проводимой муниципальными образованиями Московской области, в 2011-2014 годах определены собственники 28 бесхозных ГТС, 82 ГТС поставлены на учет как бесхозные.

По результатам многолетней работы сотрудниками Минэкологии Московской области подготовлена и разработана совместно со специалистами кафедры гидротехники ФГБОУ ВО "Московский государственный университет природообустройства" методика по обследованию ГТС.

Одной из основных функций Минэкологии Московской области является осуществление регионального государственного экологического и геологического надзора при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, на объектах, подлежащих региональному государственному экологическому надзору.

Приложение 1

Карта - схема створов мониторинга водотоков бассейна р. Москва в ее нижнем течении



Приложение 2

Перечень существующих пунктов наблюдений ГМВХС на территории области

(по данным МОБВУ)

Наименование ВХС и пункта	Принадлежность	Вид наблюдений
Вазузское водохранилище Вазузской ГТС	ЛНС	Состояние ВХС, гидрохимические
Яузское водохранилище Вазузской ГТС	ЛНС	Состояние ВХС, гидрохимические
Вазузская ГТС, р. Гжать в г. Гагарине	ЛНС	Гидрохимические
Вазузская ГТС, р. Вазуза в п. Дугино	ЛНС	Гидрохимические
Вазузское водохранилище, д.Хлепень	Росгидромет, ЛНС	Гидрохимические, гидрологические
о. Сенежское – г. Солнечногорск	Росгидромет	Гидрологические
Можайское водохранилище – д. Красновидово	Росгидромет	Гидрохимические
Можайское водохранилище – гидроузел	Росгидромет	Гидрологические
Икшинское водохранилище – плотина	ФГВУ «Центррегионводхоз», Росводресурсы	Гидрохимические
Истринское водохранилище –	Росгидромет	Гидрохимические
Клязьминское водохранилище – плотина	ФГВУ «Центррегионводхоз», Росводресурсы	Гидрохимические
Иваньковское водохранилище – г. Дубна	Росгидромет (МосЦГМС), ФГВУ «Центррегионводхоз», Росводресурсы, ГФУП «Центрводхоз»	Гидрохимические, гидрологические, гидробиологические
Рузское водохранилище – д. Солодово	Росгидромет	Гидрохимические, гидрологические
Озернинское водохранилище – д. Н. Волково	Росгидромет	Гидрохимические, гидрологические
Учинское водохранилище – плотина	ФГВУ «Центррегионводхоз», Росводресурсы	Гидрохимические
Пяловское водохранилище – плотина	ФГВУ «Центррегионводхоз», Росводресурсы	Гидрохимические
Пестовское водохранилище – плотина	ФГВУ «Центррегионводхоз», Росводресурсы	Гидрохимические
Канал им. Москвы – ниже Химкинского водохранилища	ФГВУ «Центррегионводхоз», Росводресурсы	Гидрохимические

К вопросу экологического состояния водоёмов в зоне влияния предприятий цветной металлургии в Узбекистане

И.Э.Махмудов, доктор технических наук, И.А.Усманов, доктор медицинских наук

*НАУЧНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ
И ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ,
г.Ташкент, Узбекистан*

Аннотация: В статье приведены результаты исследования качества воды реки Ахангаран. Установлено, что в районе расположения Алмалыкского горно-метеллургического комбината в воде реки Ахангаран обнаруживаются ионы металлов в количествах превышающих установленные на них нормативы. Разработаны рекомендации по улучшению качества воды и предотвращению дальнейшего загрязнения реки Ахангаран, утвержденные Минздравом республики.

The summary: In article you can see research results of Akhangaran river's water quality. Feature of research is that Almalyk Mining and Metallurgical Combine located on the Akhangaran river basin. Authors worked out recommendations about protection of reservoir from further contamination with poorly cleaned industrial wastewaters. The recommendations were approve by the Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan.

В организации и проведении мониторинга поверхностных вод, используемых для хозяйственно-питьевого культурно-бытового водопользования населения, наиболее эффективным является бассейновый подход. Их количественные и качественные характеристики определяется целой совокупностью природных и антропогенных факторов [2].

Выявить взаимосвязи между изменением качества воды водных объектов и составом сбрасываемых сточных вод возможно только при анализе и

исследовании закономерностей поступления антропогенного и техногенного загрязнения [3,4]. При этом важно установить, что антропогенное воздействие на водоёмы складывается из блока промышленных предприятий, хозяйственно-бытовых сточных вод, а также микробного загрязнения воды в зонах рекреации [1,8,9].

Среди наиболее важных факторов, влияющих на состояние здоровья населения, ведущее место занимает водоснабжение и качество воды водоисточников питьевого и рекреационного назначения. Особую опасность представляет химическое загрязнение источников водоснабжения. Для организма человека особенно опасны такие токсичные металл-ионы, как свинец, цинк, марганец, медь, кобальт, молибден, железо [5,6,7]. Река Ахангаран, является основным источником хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения Ташкентской области Узбекистана.

Целью настоящих исследований явилось изучение качества воды реки Ахангаран в бассейне которой функционирует крупнейшее в республике предприятие по извлечению и добыче из горной породы различных металлов – Алмалыкский горно-металлургический комбинат (АГМК).

Для исследования качества воды реки Ахангаран было установлено три основных створа на реке Ахангаран от её верхнего течения до устья.

Створ №1 расположен выше сбросов промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод городской канализации.

Створ №2 установлен на участке реки Ахангаран ниже сброса производственных стоков АГМК, смешанных с хозяйственно-бытовыми сточными водами г. Ахангаран.

Створ №3 установлен в устьевом участке реки Ахангаран, выбран для характеристики качества воды реки перед её впадением в реку Сырдарья.

Река Ахангаран используется для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения городов Ангрен, Ахангаран, Аккурган и нецентрализованного водоснабжения ряда сельских населенных пунктов. Река Ахангаран формирует качество грунтовых вод Сартамгалинского,

Карахтайского, и Ташского водозаборов, используемых для централизованного водоснабжения г. Алмалыка и для производственных нужд Алмалыкского промышленного района.

Лабораторные анализы качества воды выполнены в лаборатории гидроэкологии и охраны водных ресурсов научно-исследовательского института ирригации и водных проблем Министерства сельского и водного хозяйства республики Узбекистан.

Анализ качества воды реки Ахангаран в установленных створах наблюдения показал высокую степень её загрязнения.

Цветность воды значительно увеличивается на участках, принимающих производственные и хозяйственно-бытовые стоки, имея сезонную динамику с максимумом в летне-осенний период года и минимумом зимой. На этих же участках водоисточника отмечалось ухудшение качества воды по органолептическим свойствам с максимумом летом и минимумом зимой.

Активная реакция воды достоверно снижается в створе, подверженного влиянию выбросов АГМК. Дефицит растворенного в воде кислорода чаще и более глубокий возникает летом и осенью на фоне высокой температуры окружающей среды и уменьшения водности реки. По мере продвижения воды в реке дефицит кислорода в ней в большинстве случаев уменьшается. В отдельных пробах воды летом его величина достигает 50-55% насыщения, что обусловлено особенностями гидрологического режима водотока и увеличением в этот период года реальный антропогенной нагрузки.

В процессе продвижения воды содержание органических веществ значительно колеблется. На начальных участках реки Ахангаран (створ № 1) их содержание в воде не превышает допустимые концентрации, что заметно по показателям биологического потребления кислорода (БПК) и химического потребления кислорода (ХПК).

Наиболее интенсивное загрязнение водоисточника наблюдается на участке реки, принимающей производственные и хозяйственно-бытовые стоки (створ № 2). Величины БПК и ХПК увеличиваются в этом створе в 3,2-8,1 раз.

Максимальные значения загрязнений в этом створе приходится на летний и осенний периоды года. Летом и осенью, в связи с возрастанием воздействия на водный объект уровней суммарного загрязнения ухудшаются процессы самоочищения. Об этом свидетельствует тенденция увеличения величин БПК и ХПК.

Динамика процессов нитрификации, как известно, также характеризует интенсивность и направленность процессов самоочищения воды от органического загрязнения. Концентрации соединений азота имеют выраженный минимум в начальном участке, где речная вода менее интенсивно загрязнена органическими веществами. Тенденция увеличения концентраций азотсодержащих веществ отмечается в створе № 2, приближаясь по динамике к изменению величин БПК и ХПК.

Оценка качества воды реки Ахангаран, проводившаяся по ингредиентам, нормируемым по санитарно-токсикологическим и санитарно-химическим признакам вредности, выявила значительное загрязнение речной воды в створе водопользования, расположенном в 1 км ниже по течению реки после сброса промышленных сточных вод.

Концентрации токсических металлов превышали установленные на них гигиенические нормативы по содержанию в воде свинца, молибдена, марганца, меди, железа, кобальта, цинка. Такое положение обусловлено низкой санитарно-технической эффективностью работы очистных сооружений АГМК и сбросом недостаточно-очищенных промышленных стоков в водоём.

Проведен расчет допустимых уровней суммарной нагрузки токсических металлов на водоём по критериям самоочищения в соответствии с разработанными нами математическими моделями с известными величинами коэффициентов множественной регрессии.

Установлено, что сброс сточных вод АГМК не окажет неблагоприятного влияния на процесс БПК, если концентрация меди в воде будет на уровне 0,33 мг/л (в 3 раза ниже ПДК). Концентрации свинца, цинка, железа, марганца, молибдена и кобальта могут быть в пределах ПДК (таблица 1).

Таблица 1. Влияние цветных металлов на качество воды реки Ахангаран по критериям самоочищения

Показатели, мг/л	Критерии самоочищения воды				
	БПК ₅	ХПК	Азот аммиака	Азот нитритов	Азот нитратов
Свинец	0,03*	0,01	0,03*	0,03*	0,03*
Цинк	1,0*	0,04	1,0*	1,0*	0,15
Медь	0,33	0,05	0,44	1,0*	0,17
Железо	0,3*	0,01	0,3*	0,3*	0,07
Марганец	0,1*	0,06	0,1*	0,1*	0,1*
Молибден	0,25*	0,02	0,15	0,24*	0,05
Кобальт	0,1*	0,1*	0,1*	0,1*	0,1*

*Соответствует величинам ПДК в воде водоемов

По критериям ХПК концентрация свинца в воде должна быть ниже допустимой величины в 3, цинка в 25, меди в 20, железа в 30, марганца в 1,7 и молибдена в 12,6 раз. Кобальт может присутствовать в воде на уровне его гигиенического норматива.

По критериям аммонификации и нитрификации также получены данные, свидетельствующие о том, что наличие в воде токсических металлов при их совместном присутствии в воде даже в пределах ПДК не обеспечат нормальное течение процессов самоочищения воды.

В соответствии с требованиями санитарных правил по охране поверхностных вод от загрязнения сточными водами (СанПиН РУз № 0056-06, 2006) при поступлении нескольких веществ с одинаковым лимитирующим показателем вредности (ЛПВ) предельно допустимая концентрация каждого из них должна быть снижена на сумму концентраций этих веществ в воде. С учетом этих требований рассчитаны величины допустимого содержания токсических металлов при их совместном содержании в воде.

Безопасные условия водопользования из реки Ахангаран могут быть обеспечены при содержании в воде цинка на уровне 0,04 мг/л, меди 0,05 мг/л,

железа 0,01 мг/л, марганца 0,06 мг/л и молибдена 0,02 мг/л. Концентрации химических веществ соответственно в 12,5; 4,0; 6,0; 1,3 и 2,5 раз ниже ПДК, установленных с учетом ЛПВ. Величины свинца и кобальта совпадают с нормативами их содержания в воде (таблица 2).

Таблица 2. Максимально допустимая нагрузка (МДН) суммарного загрязнения воды реки Ахангаран цветными металлами

Показатели, мг/л	ПДК, мг/л	ПДК по ЛПВ, мг/л	МДН, мг/л
Свинец	0,03	0,006	0,01
Цинк	1,0	0,50	0,04
Медь	1,0	0,20	0,05
Железо	0,3	0,06	0,01
Марганец	0,1	0,08	0,06
Молибден	0,25	0,05	0,02
Кобальт	0,1	0,02	0,02

Содержание в воде реки Ахангаран свинца, цинка, меди, марганца, молибдена, кобальта в концентрациях, превышающих допустимые уровни обуславливает риск развития различных заболеваний у населения, использующего речную воду для хозяйственно-питьевых целей.

Ниже по течению река Ахангаран принимает городские хозяйственно-бытовые стоки, а её прибрежная территория используется для рекреационных, спортивных и оздоровительных нужд.

В связи с этим помимо токсического имеется также микробиологический риск здоровью людей, обусловленный возможностью воздействия на организм патогенных бактерий. Реальная микробная нагрузка на водоём свидетельствует о её потенциальной опасности для окружающей среды и человека и не гарантирует эпидемической безопасности водоемисточника.

Установлено, что в местах водопользования ниже сбросов сточных вод смешанного состава, когда на техногенное загрязнение воды водоёма

наслаивается биологическое, риск развития инфекционных заболеваний возрастает на несколько порядков. Таким образом река Ахангаран, используемая как источник водоснабжения и рекреации, представляет для здоровья потенциальную опасность в связи с содержанием в воде токсичных элементов и патогенных бактерий в количествах значительно превышающих допустимые уровни.

Во многих случаях наличие в воде токсичных элементов на уровне ПДК с учетом одинакового лимитирующего признака вредности (ЛПВ) не обеспечивает безопасных условий водопользования, так как величина максимально-допустимой нагрузки (МДН) металл-ионов по критериям самоочищения воды установлена на более низких пределах.

Ситуация ухудшается биологическим загрязнением водоисточника, когда имеет место комплексное антропогенное воздействие. Поступление в водоём хозяйственно-бытовых сточных вод и купание в реке значительно повышает степень микробиологического риска для здоровья. При этом вызывает беспокойство возможность суммирования эффекта воздействия на водный объект и организм человека за счет усиления жизнедеятельности микроорганизмов в воде под влиянием химического фактора.

На основании результатов исследований разработаны рекомендации по охране поверхностных и подземных водоёмов в районах расположения предприятий цветной металлургии в условиях Узбекистана, утвержденные Министерством Здравоохранения Республики Узбекистан (№ 012-3/0283 от 08.08. 2013г.).

Библиографический список

1. Антипанова Н.А., Кошкина В.С., Котляр Н.Н., Тахтина К.Н. Суммарные оценки качества питьевой воды в условиях крупного центра черной металлургии Южного Урала. // 7-ой Международный конгресс «Вода: Экология и технология», М. 2006. С. 953-954.

2. Вильдяев В.М., Лагунов О.Ю. Бассейновый подход в картировании медико-экологических рисков, связанных с качеством питьевой воды. //7-ой Международный конгресс «Вода: Экология и технология», М. 2006. С. 910.

3. Гурвич В.Б., Белоконова Н.А., Корюкова Л.В., Глинских Н.П., Бахарев А.А. Критерии качества и безопасности питьевой воды. М. 2002. С.745-746.

4. Калашников И.А., Куличенко О.А. Водоснабжение из поверхностных водоёмов – потенциальная угроза здоровью водопользователей. //7-ой Международный конгресс «Вода: Экология и технология», М. 2006. С. 916-917.

5. Катаева С.Е., Шуляк Э.В, Брыль В.И., Чабан Н.Г. К вопросу о содержании тяжелых металлов в водной среде города Славутича. – М. 2000. С. 751-752.

6. Новиков С.М., Шанина Т.А., Скворцова Н.С. Проблемы оценки рисков здоровью населения, связанных с питьевой водой. //7-ой Международный конгресс «Вода: Экология и технология», М. 2006. С. 948-949.

7. Сенотрусова С.В., Христофорова Н.К. Качество природных вод и заболеваемость населения промышленных городов, связанных с питьевой водой. //7-ой Международный конгресс «Вода: Экология и технология», М. 2006. С. 928-929.

8. Талаева Ю.Г. Оценка надежности бактериологических показателей при контроле качества питьевой воды. М. 2006. 23с.

9. Ятулена Н., Дрингелене Н. Качество воды мест купания в Литве. //7-ой Международный конгресс «Вода: Экология и технология», М. 2006. С. 927-928.

УДК 556.114

**Вычисление индекса загрязнения воды комплексным методом на примере
р. Сырдарьи в пределах Республики Узбекистан**

Э.И. Чембарисов., доктор географических наук, профессор

Т.Ю. Лесник, кандидат географических наук

*Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при ТИИМ,
г.Ташкент, Узбекистан*

Аннотация. В статье качество речных вод бассейна Сырдарьи в пределах Республики Узбекистан было оценено по величине интегрального индекса загрязнения воды (Иизв), расчеты которого были проведены по формуле, усовершенствованной сотрудниками лаборатории гидрометрии и метрологии Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем (НИИИВП) при Ташкентском институте ирригации и мелиорации Республики Узбекистан.

In this article the quality of river waters Syrdarya basin within the territory of Republic of Uzbekistan was appreciated on size of an integral index of contamination of a water(Iiwc), which calculations were conducted under the formula offered the laboratory of hydromesure and metrology Tashkent Institute of Irrigation and Melioration Research Institute of Irrigation and Water Problem (TIIMRIWP) of the Republic of Uzbekistan.

The study of the hydrological and hydrochemical characteristics of drainage waters and conducted hydrochemical region was uzed the besin metod.

Разработка критериев для оценки качества воды. В настоящее время в Управлении наблюдений и контроля загрязнения природной среды (УГМС) при Государственном комитете по гидрометеорологии и контролю природной среды Республики Узбекистан оценку качества поверхностных вод проводят на основании расчетного коэффициента, называемого индексом загрязнения воды

– ИЗВ. В связи с принятием для практических оценок данного коэффициента обращается внимание на следующее: оценка качества воды в настоящее время затруднена, так как она базируется на сравнении средних концентраций, наблюдающихся в пункте контроля качества вод, с установленными нормами предельно допустимой концентрации (ПДК) по каждому ингредиенту (табл.1). Это приводит к тому, что в различных справочно-информационных материалах приходится перечислять наименование вещества, степень повышения ПДК и т.д.[1-6].

Таблица 1.- Показатели качества воды поверхностных источников водоснабжения, разделенные по лимитирующим показателям вредности и их предельно - допустимая концентрация (ПДК) (составлено по ГОСТу 2874-82 "Вода питьевая", Oz DST 959:2000 «Вода питьевая», СанПиН 4630-88, СанПиН РУз №0067-96)

№	Показатели	Единицы	ПДК	Класс опасности
№	качества воды	измерения		
I. Общесанитарные лимитирующие показатели вредности				
1	Минерализация	мг/л	1000	–
2	БПК ₅	мгО ₂ /л	Меньше 3	–
3	Цинк	мкг/л	0,01	3
II. Органолептические лимитирующие показатели вредности				
4	Сульфаты	мг/л	500	4
5	Хлориды	мг/л	350	4
6	Фенолы	мг/л	0,001	4
7	Нефтепродукты	мг/л	0,05	4
8	Альфа ГХЦГ (гексахлоран)	мкг/л	0,01	4
9	Медь	мкг/л	0,001	3
III. Санитарно-токсикологические лимитирующие показатели вредности				
10	СПАВ(синтетическ ие поверхностные активные вещества)	мг/л	0,1	3-4
11	Азот	мг/л	0,39	3
12	Нитриты (NO ₂)	мг/л	0,02	3

13	Нитраты (NO ₃)	мг/л	9,1	3
14	Хром шестивалентный	мг/л	0,001	3
15	Гамма ГХЦГ (линдан)	мкг/л	0,01	1
16	Натрий	мг/л	120	2
17	Кальций	мг/л	180	4
18	Магний	мг/л	40	3
19	Калий	мг/л	50	3

Классы опасности выделены по СанПиН 4630-88: 1 класс-чрезвычайно опасные ингредиенты; 2 класс- высоко опасные ингредиенты; 3 класс - опасные ингредиенты и 4 класс – умеренно опасные ингредиенты.

Особое затруднение возникает в случае, если необходимо отразить тенденцию качества воды за несколько лет. Если на одном и том же участке водного объекта у части ингредиентов концентрация снижается, а у других показателей содержание возрастает, комплексно оценить качество воды и выявить тенденцию загрязнения затруднительно. Именно поэтому авторами введена оценка - показатель загрязнения через $I_{изв}$. Целый ряд других показателей и комплексных оценок, для расчета которых необходимы несравненно большие затраты времени, не дают преимуществ по сравнению с ИЗВ. Упрощенная оценка по показателю $I_{изв}$ позволяет проводить сравнение качества воды различных водных объектов между собой независимо от присутствия различных загрязняющих веществ, выявить тенденцию качества воды по годам, упростить и значительно улучшить представление гидрохимической информации.

Для проведения сравнения качества воды и определения динамики изменения качества, пользуются критериями, приведенными в табл.2.

Таблица 2.- Критерии оценки степени загрязненности воды (ИЗВ), применяемые в системе Узглавгидромета

Класс качества воды	Степень загрязнения	Величина интегрального индекса загрязнённости воды
1	Очень чистая	менее или равно 0,3
2	Чистая	Более 0,3 до 1
3	Умеренно загрязненная	Более 1 до 2
4	Загрязненная	Более 2 по 4
5	Грязная	Более 4 до 6
6	Очень грязная	Более 6 до 10
7	Чрезвычайно грязная	Более 10

Расчет ИЗВ Узглавгидромета для поверхностных вод проводится по ограниченному количеству ингредиентов. Число их составляет 6. Два из них: кислород и БПК₅ являются обязательными, независимо от их содержания. Четыре остальных выбираются по величине соотношения С/ПДК, оно должно быть наибольшим (С - фактическое содержание ингредиента, а ПДК- предельно -допустимая концентрация).

Однако оценка фактического загрязнения речных вод Узбекистана по данному показателю показала, что он не совсем четко отражает степень загрязнения воды, так как при таком способе расчета ИЗВ, его итоговая величина практически укладывается только в две градации: умеренно загрязненная вода и загрязненная вода.

Исходя из этого, оценка гидрологической обстановки в бассейнах была проведена по величине другого показателя, названного интегральным индексом загрязнения воды - Иизв (Чембарисов, Лесник, 1995) [5].

Его следует определять по следующей формуле:

$$I_{изв} = \frac{\text{Сумма превышения ПДК ингредиентов}}{\text{Количество ингредиентов}} * K_1 * K_2 \quad (1)$$

где K1- коэффициент, учитывающий количество ингредиентов, превышающих ПДК; изменяется от 0,5 (для одного ингредиента) до 1,6 (для 12 ингредиентов), K2- коэффициент, учитывающий класс опасности ингредиентов, превышающих ПДК. Изменяется от 1,0 до 1,5 в зависимости от числа ингредиентов и класса опасности.

Согласно величине интегрального индекса загрязненности воды (И изв) предложена следующая градация степени загрязненности воды:

Величина И изв _____	Качество воды
0 -1 _____	хорошая
1,1 -3 _____	удовлетворительная
3,1 -5 _____	плохая
5,1-10 _____	опасная
более 10 _____	чрезвычайно опасная

Как показали практические расчеты применение предложенного подхода к оценке степени загрязненности поверхностных вод позволяет выделять внутри речных бассейнов не две-три категории воды (при использовании методики Узглавгидромета), а четыре или пять категорий. Например, расчеты показали, в среднем за многолетие взвешенная по стоку величина интегрального индекса загрязненности воды - Иизв равна в пределах Ташкентской области - 3,24.

Предложенные и используемые критерии оценки качества воды позволили составить классификацию различного состояния гидроэкологической обстановки частей речного бассейна:

а) близка к естественной; б) слабо нарушена; в) заметно нарушена и г) сильно нарушена (табл.3).

Таблица 3.- Оценка качества питьевой воды и гидроэкологического состояния территории по классификации сотрудников лаборатории гидрометрии и метрологии НИИИВП при ТИИМ

Критерии оценки	Качество питьевой воды	Гидроэкологическая обстановка
Не должно превышать содержание элементов, ограничивающих их ПДК по /ГОСТ-2874-82/«Вода питьевая», Oz DST 959:2000 «Вода питьевая», Сан ПиН Руз №0067-96/ Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения/, перечень ПДК института НИГМИ	Хорошее	Близка к естественной
2-3 ингредиента, превышающие ПДК, относящихся к самым низким классам опасности отдельных элементов для здоровья человека (IV и III)	Удовлетворительное	Слабо нарушена
5-6 ингредиентов, превышающих ПДК и относящихся к IV и III классам опасности или 1-2 ингредиента, превышающих ПДК и относящихся к I -II классам опасности	Плохое	Заметно нарушена
Значительное количество ингредиентов, превышающих их ПДК и относящихся к I-II классам опасности	Опасное	Сильно нарушена

Ниже приведены результаты расчетов среднесезонных величин интегрального индекса загрязнения воды (Иизв) по гидрологическим створам р.Сырдарья в пределах Узбекистана (табл.4).

Таблица 4.- Наименование створов и средняя величина интегрального индекса загрязнения речных вод $I_{изв}$ за 2005-2011 гг. бассейна Сырдарья

№	Наименование створа	Величина $I_{изв}$
1	р. Нарын – г. Учкурган, 3 км выше города	2,49
2	р. Нарын – 0,2 км выше устья	2,67
3	р. Карадарья–пос. Карабагиш, 5 км ниже плотины Андижанского водохранилища	3,18
4	р. Сырдарья –г. Наманган – 0,2 км ниже впадения коллектора Сарыксы	3,22
5	р. Сырдарья – г. Наманган 18 км к ЮЗ от города	3,53
6	р. Сырдарья при впадении Северо- Багдадского коллектора (СБК)	3,65
7	р. Сырдарья – ниже устья коллектора Сохский	3,81
8	р. Сырдарья – переправа Чильмахром	4,07
9	р. Сырдарья -гора Махаутау (0,5 км выше Кайраккумского водохранилища)	4,19
10	р. Сырдарья – г. Бекабад, 0,25 км выше города	4,25
11	р. Сырдарья – г. Бекабад, 3,6 км ниже сбросов	4,85
12	р. Сырдарья – пос. Надеждинский, 6 км к СВ от посёлка	4,61
13	р. Сырдарья – 1 км ниже впадения коллектора ГПК-С	4,26
14	р. Сырдарья – 5 км выше устья р. Келес	3,75

Заклучение

В данной статье комплексная оценка качества речных вод производилась по величине интегрального индекса загрязнения воды ($I_{изв}$), усовершенствованному сотрудниками лаборатории гидрометрии и метрологии НИИИВП при ТИИМ. При расчёте $I_{изв}$, во-первых, учитывались все ингредиенты, превышающие их предельно допустимую концентрацию (ПДК), во-вторых, учитывался класс опасности этих ингредиентов (степень влияния на здоровье человека), что достигалось благодаря введению эмпирических коэффициентов (K_1 и K_2).

На основе рассчитанных $I_{изв}$ была предложена классификация качества речных вод с позиции их использования для питьевых и хозяйственно-бытовых целей (ГОСТ «Вода питьевая» 2874-82, Oz DST 959:2000 «Вода питьевая», СанПин 4630-88, СанПин Руз №0067-96): $I_{изв} = 0 - 1$ - вода хорошая, $1,1 - 3$ – удовлетворительная, $3,1 - 5$ - плохая, $5,1-10$ - опасная и более 10 – чрезвычайно опасная.

Согласно проведенным расчетам и составленной гидрохимической карте районирования речных вод бассейна р.Сырдарья, вода хорошего качества наблюдается, как правило, в верховьях речных бассейнов, удовлетворительного качества - в средних течениях рек, плохого качества – в р. Сырдарье ниже Ферганской долины, на участке в р.Сырдарье при впадении Северо-Багдадского коллектора до переправы Чильмахром, а также в бассейне р.Чирчика в устье р.Калган-Чирчик и р.Салар ниже г. Ташкента.

Исходя из вышеописанного видно, как важно знать, как меняется качество воды р.Сырдарья по всему течению реки, и поэтому необходимо периодически оценивать возможности её использования для питьевых и сельскохозяйственных целей путем проведения расширенного гидроэкологического мониторинга.

Библиографический список

1. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. 2005- 2011гг. том IV, кн. 1,2,3. Узглавгидромет при кабинете министров РУз.
2. Лесник Т.Ю.,Чембарисов Э.И. Коллекторно-дренажные воды бассейна Сырдарья. // Международный научно-практический журнал “Проблемы освоения пустынь”, Ашхабад, № 3, 2001. С. 54-56.
3. Лесник Т.Ю. Автореферат диссер. на соиск. уч. ст. к.г.н. «Гидрохимические особенности речных и коллекторно-дренажных вод бассейна реки Сырдарья (в пределах Республики Узбекистан)», Ташкент, САНИГМИ, 2004. 24с.
4. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. СанПиН № 4630- 88. – М.: 1988.- 69 с.
5. Чембарисов Э.И., Лесник Ю.Н. К охране поверхностных вод Центральной Азии.- Тр. науч.-прак. конференции «Пресная вода», САНИГМИ, Ташкент.- 1995. С. 64-70.
6. Чембарисов Э.И., Хожамуратова Р.Т. Коллекторно-дренажные воды Республики Каракалпакстан // Нукус, «Билим», 2008. 56 с .

**Усовершенствование организационно-экономического механизма
управления водохозяйственным комплексом**

*А.С. Щербакова, кандидат экономических наук, ассистент
НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ, г. Ровно, Украина*

В статье исследуются роль и значение водных ресурсов для хозяйственного комплекса. Внимание акцентируется на основных тенденциях привлечения водных ресурсов в хозяйственный оборот. Обоснованы инструменты управления водопользованием стимулирующего и принудительного характера. Предложена методология совершенствования организационно-экономического механизма управления водохозяйственным комплексом.

The article investigates the role and importance of water resources for the economic complex. The main trends of involving the water resources in the economy are emphasized. In the article, the tools of stimulating and coercive nature for water management are grounded. The methodology of improving the organizational-economic mechanism of water management complex is proposed.

В условиях увеличения антропогенных нагрузок на природную среду, развития общественного производства и роста материальных и социально-экономических проблем, возникает необходимость разработки, а также соблюдения особых правил пользования водными ресурсами, рационального их использования, восстановления и экологически направленной защиты. Реалии развития современного водопользования, особенно в части управления водными ресурсами, делают необходимым совершенствование существующих научных подходов к эффективному распределению этих ресурсов, которые должны базироваться на принципах устойчивого развития. Учитывая это,

целесообразным является разработка предложений относительно экономических средств стимулирования потребителей по очистке загрязненных стоков. Для выполнения поставленных задач крайне необходимым является внедрение действенного эколого-экономического механизма управления водными ресурсами, который будет эффективно работать на всех стадиях процесса потребления воды.

Рыночный механизм организации деятельности водохозяйственного комплекса (ВХК) требует регулирования процессов удовлетворения экономических потребностей путем разработки экономически обоснованной долгосрочной политики в сфере водопользования и принятия управленческих решений. Особенно остро стоит вопрос о научном обосновании стратегии водопользования в условиях поиска новых организационно-экономических механизмов управления ВХК, а именно при экономической оценке состояния водных ресурсов в условиях несовершенства системы страхования водопользования и отсутствия новых, более совершенных финансовых механизмов управления ими. Необходимость модернизации организационно-экономического механизма ВХК обусловлена несоответствием возникающих проблем в экономической структуре управления водными ресурсами. Такие функции ВХК как обеспечение населения качественной питьевой водой, защита населения, хозяйствующих субъектов, а также природных систем от вредного воздействия загрязненных вод и подтопления сельскохозяйственных территорий, населенных пунктов заставляют искать новые организационно-экономические механизмы, методы и принципы для повышения экономической эффективности ВХК [1, 65–68]. Поэтому исследования в области совершенствования существующего организационно-экономического механизма ВХК весьма актуальны.

Изучению вопросам управления организационно-экономическим механизмом ВХК посвященные фундаментальные исследования отечественных и зарубежных ученых, а именно: Е.А. Арустамова, Л.А. Батурина, С.Д. Беляева, Н.Б. Прохоровой, В.А. Голяна и др. Раскрытие приоритетов устойчивого

развития с использованием комплексного экономического подхода осуществлено в работах К.Я. Кондратьева, К.С. Лосева, М.А. Хвеси́ка. Система форм и методов обоснования, а также структурирования управления водным хозяйством рассмотрена в трудах М.М. Михеева, В.Г. Пряжинской, Д.Я. Ратковича, М.А. Хвеси́ка, А.В. Яцика и других [2]. Тем не менее, несмотря на значительный объем рассматриваемой проблематики, ее научная разработанность далеко не исчерпана. Необходимо провести анализ аспектов совершенствования организационно-экономического механизма реализации водохозяйственной политики, в частности совершенствование финансовой структуры, разработки системы платежей за водопользование, создание экономических механизмов стимулирования сокращения водопотребления и сброса загрязняющих веществ, обеспечение соответствия структуры руководящих органов достижению цели водохозяйственной политики [3].

Неотложность разработки экономического механизма водопользования обусловлена организационно-экономической спецификой водного хозяйства. Учитывая, что предприятия водного хозяйства «разбросаны» по отраслям экономики и управления ими находится в ведении различных министерств и ведомств, рациональное использование водных ресурсов предусматривает согласование действий всех организаций, связанных с потреблением и воспроизведением воды.

Экономическое регулирование ВХК – комплекс мероприятий с целью улучшения процесса водопользования и уменьшения негативного воздействия на водные ресурсы путем преимущественного использования общеэкономических рычагов. Оценка экономического регулирования происходит путем сбора и анализа информации о величине затрат и платежей, и об их эффективности в части использования и охраны водных ресурсов [4, с. 58]. Организационно-экономический механизм управления ВХК является системой управления финансово-экономическими рычагами, инструментами, направленной на регулирование отношений между региональными, бассейновыми органами управления и водопользователями по распределению и

использованию водных ресурсов в целях обеспечения устойчивого водопользования.

Основными задачами организационно-экономического механизма управления ВХК являются: охрана водных источников, качества воды в них и их экосистем; обеспечение потребностей населения в качественной питьевой воде; поощрение в восстановлении и модернизации основных фондов водного хозяйства; обеспечение прозрачного распределения средств, поступающих в бюджет на водоохранные мероприятия, в виде сборов за специальное водопользование; формирование конкурентных условий на рынке воды.

С развитием рыночных отношений роль экономической составляющей должна расти. Основной целью совершенствования организационно-экономического механизма управления водными ресурсами является стимулирование сокращения антропогенной нагрузки на водные объекты (водопотребления и сброса загрязняющих веществ). Для достижения данной цели необходимо создать научно обоснованную систему тарифов, штрафов и поощрений. Реализация рыночных отношений в водопользовании предполагает также формирование рынка водных ресурсов. При этом процесс управления водными ресурсами предполагает существование различных рыночных механизмов, а именно: проведение маркетинговой водохозяйственной деятельности, страхование рисков водопользователей и др. Реорганизация механизмов ВХК базируется на усовершенствовании структуры водохозяйственной отрасли, обеспечении прозрачности финансовых потоков и росте роли целевых фондов.

Нынешний организационно-экономический механизм управления ВХК должен сочетать инструменты управления водопользованием стимулирующего и принудительного характера.

На принятие экологически ориентированных решений в процессе хозяйственной деятельности в развитых странах большое внимание уделяют инструментам стимулирующего характера. При эффективном массовом действии инструментов стимулирующего характера для всех субъектов

экономико-экологической системы обеспечивается мультипликативный эффект. Эти инструменты позволяют водопользователям среди существующего множества возможных стратегий выбирать именно ту, которая соответствует их критериям водопользования. В отличие от принудительного, такое регулирование создает предпосылки для развития экономико-экологических систем путем их качественного изменения.

Инструменты принудительного характера – это жесткие регламентации деятельности водохозяйственных субъектов. Они обеспечивают постоянство параметров экономико-экологической системы или, другими словами, сохраняют ее гомеостаз. Влияние таких инструментов носит преимущественно административно-законодательный характер. Принудительная мотивация основывается преимущественно на механизме отрицательной обратной связи и направлена на ограничение хозяйственного воздействия на водные экосистемы. Целевое назначение негативной мотивации, которая связана, главным образом, с припасами, запретами, ограничениями – сохранение существующего равновесия водохозяйственной системы [5, с.383].

Рассматривая рыночные отношения с позиции водопользования, необходимо решить ряд вопросов. Прежде всего, необходимо определить, о каком «товаре» на рынке идет речь. Ясно, что водные ресурсы, как и другие природные ресурсы, не является товаром в смысле продукта труда, а служат лишь некоторым ограниченным материалом, который расходуется на различные производственные и непроизводственные цели. Особенность водных ресурсов при этом проявляется в том, что они возобновляемые и являются важнейшим компонентом среды обитания человечества и всего живого на Земле. Поэтому, приоритетной целью управления их использованием будет выработка таких методов, которые привели бы к предельно возможному сокращению водопотребления и сбросов загрязняющих веществ в водные объекты. Исходя из сказанного, можно сделать вывод, что «товаром» на «водном рынке» может быть не сама вода, а только право на ее потребление (в строго определенных объемах).

Во-вторых, важнейшим признаком рыночных отношений является наличие большого числа «покупателей» и «продавцов» соответствующего «товара». Иначе говоря, должно быть много предложений по продаже прав на водопотребление и сброс загрязняющих веществ, а также большой спрос на них. При этом «нормальные» рыночные отношения предполагают, что предложение товара всегда превышает спрос, то есть рынок бездефицитный. Это не позволяет «продавцам» диктовать цены, вынуждает их конкурировать между собой и, следовательно, снижать цены на это право. Наконец, цивилизованный рынок всегда обладает определенной инфраструктурой, то есть когда товар – это право, которое рассматривается, может проходить через аукционы, маркетинговую, брокерскую деятельности и т.п. [1, 2].

Механизмы создания таких отношений в сфере водопользования уже достаточно давно апробированы в развитых странах [3, 6, 7]. Основная идея рынка лимитов сводится к тому, что предприятия, которые не только не вышли за пределы лимитов, указанных в их лицензии на водопользование, но и сократили объемы водопотребления или сбросов загрязняющих веществ, кроме уменьшения платежей в соответствующие фонды получают право самостоятельно продавать неиспользованный остаток своего лимита. При этом, предприятие продолжает оплату в упомянутые фонды части лимита, который продается, будто оно же осуществляет соответствующие водопотребление и сброс загрязняющих веществ. Такая продажа будет выгодна предприятию только в том случае, если цена лимита окажется выше платежей за водопотребление и сброс. Однако цена лимита не должна превышать размер штрафных санкций за сверхнормативное водопотребление и сброс, чтобы покупателями такого лимита стали те предприятия, которые по каким-либо причинам не могут «уложиться» в собственные лимитные рамки. Тогда возникает дилемма: платить штрафные санкции или покупать соответствующий лимит. В данном случае преимущество, безусловно, предоставляется приобретению лимита.

Между тем, рынок лимитов подвергается государственному регулированию территориальными органами управления водными ресурсами. Это достигается целенаправленным варьированием нормативов, определяющих лимиты, которые выделяются, а также тарифов на нормативное и сверхнормативное водопотребление и сброс загрязняющих веществ и льготных нормативов при водопотреблении и сбросах загрязняющих веществ ниже нормативных значений. Повышенные тарифные ставки устанавливаются за сверхлимитное водопотребление или сброса загрязняющих веществ. Очевидно, что штрафы должны быть индивидуально обоснованные для конкретных водных объектов.

Пятикратное или десятикратное повышение базового тарифа представляется не только малоубедительным, но и способным в ряде случаев привести к противоречиям с региональной политикой экономического стимулирования водоснабжения и охраны вод. Безусловно, возможно более объективно решения этой задачи.

Повышение цен за нормативное водопотребление и сброс загрязняющих веществ приведет к изменению цен на рынке лимитов. Прежде всего, уменьшится количество продавцов лимитов, поскольку у ряда пользователей не будет возможности финансировать внедрение самых передовых (и, как правило, дорогих) водосберегающих и водоохраных технологий. Спрос же на лимиты будет расти, поскольку число потенциальных покупателей может только увеличиваться (цена лимита всегда ниже штрафные санкции). Поэтому цена лимита расти, а сам рынок лимитов станет дефицитным. В части водопользователей появится стимул к тому, чтобы перейти в категорию продавцов лимитов, пожалуй, даже взяв кредиты на быстрое внедрение водосберегающих технологий. В результате, начнется постепенное удовлетворение спроса на лимиты с сопутствующим падением цен на них.

Несколько иная картина будет наблюдаться при повышении тарифов за сверхнормативное водопотребление и сброс загрязняющих веществ. Спрос на лимиты будет расти. Цены на них также вырастут не только вследствие этого,

но и из-за роста их «верхней границы», которая определяется ставками за сверхнормативное потребление и сброс. Отсюда очевидно насколько важно внедрять обоснованные ставки платежей за сверхлимитные операции с водными ресурсами.

Другим методом экономического регулирования водопользования является формирование льготных ставок платежей. При водопотреблении и сбросе загрязняющих веществ ниже норматива, предприятиям назначаются сниженные платежи. Если сокращение достигнуто за счет внедрения более совершенных технологий водопользования, или экологически чистых способов производства, то, хотя предприятия и несут единовременные затраты, в дальнейшем они долгое время будут пользоваться льготными тарифами платежей за забор воды и сброс загрязняющих веществ в пределах, ниже допустимых. В зависимости от величин льготных тарифов, предприятия решают вопрос о продаже своих лимитов, которые могут оказаться невыгодными при низких льготных тарифах. Таким образом, льготные тарифы являются еще одним (и возможно, самым эффективным) инструментом управления рынком лимитов. Именно этот механизм экономического стимулирования широко применяется в разных странах [7 – 10].

Таким образом, рационализация водопользования является многоэтапным процессом, требующим значительной концентрации финансовых средств и административных ресурсов. Для того, чтобы отдельные регулирующие меры не были просто вмонтированы в национальную водную политику, а органично дополняли уже существующую, стоит на основе их сочетания сформировать механизмы, которые позволят перевести водное хозяйство на принципиально новую модель развития.

Библиографический список

1. **Водные ресурсы** и качество вод: состояние и проблемы управления / отв. ред. В.И.Данилов-Данильян, В.Г.Пряжинская; Рос. акад. наук, Ин-т вод. проблем. - М.: ИВП, 2010. – 414 с.

2. **Пряжинская В. Г.** Некоторые концептуальные вопросы реорганизации управления водными ресурсами России в современных экономических условиях / В. Г. Пряжинская, Н. Э. Паевская, Д. М. Ярошевский // Водные ресурсы. 1993. Т. 20, № 5. С. 626-631.
3. **Сташук В. А.** Еколого-економічні основи басейнового управління водними ресурсами / В. А. Сташук. – Дніпропетр.: ВАТ “Видавництво “Зоря”, 2006. – 480 с.
4. **Мельник Л. Г.** Учет экологических показателей при решении хозяйственных задач / Л. Г. Мельник. – Экономические науки, 1983, № 2. – 127 с.
5. **Мельник Л. Г.** Экономика развития : монография / Л. Г. Мельник. – Сумы : ИТД «Университетская книга», 2006. – 662 с.
6. **Пряжинская В. Г.** Развитие эколого-экономических отношений водопользования в России / В. Г. Пряжинская, Д. М. Ярошевский // Инженерная экология. 1998. № 1. с . 39-48.;
7. **Данилов-Данильян В. И.** Обоснование стратегий управления водными ресурсами [Text] / [В. И. Данилов-Данильян и др.] ; Рос. акад. наук, Ин-т вод. проблем. – Москва : Научный мир, 2006. – 335 с.
8. **Рикун А. Д.** Методы математического моделирования в оптимизации водохозяйственных систем промышленных регионов /[А. Д. Рикун, А. М. Черняев, И. М. Ширяк]. – М.: Наука, 1991. 160 с;
9. **Пряжинская В. Г.** Компьютерное моделирование в управлении водными ресурсами [Text] : монография / В. Г. Пряжинская, Д. М. Ярошевский, Л. К. Левит-Гуревич. – М. : Физматлит, 2002. - 493 с.
10. **Хвесик М. А.** Економіко-правове регулювання природокористування [Текст] : монографія / М.А. Хвесик, Л.М. Горбач, Ю.П. Кулаковський. - К. : Кондор, 2009. – 524 с.

**Актуальность внедрения водосберегающих технологий
в сельском хозяйстве**

Ф.М. Юсупова, младший научный сотрудник

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ

СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ПРИ ТашГАУ

г. Ташкент, Узбекистан

Аннотация

Рассмотрена актуальность внедрения таких водосберегающих технологий, как капельное орошение, дождевание и лазерная планировка в сельском хозяйстве Узбекистана в условиях наблюдающегося повсеместно острого дефицита водных ресурсов и деградации качества водных и земельных ресурсов.

Annotation

There is considered the actuality of the introduction of water-saving technologies such as drip irrigation, sprinkling and laser leveling in agriculture of Uzbekistan in the conditions of acute shortage of water resources and degradation of the quality of water and land resources in all places.

Сельское хозяйство является одним из приоритетных направлений экономики Узбекистана, обеспечивающий 17,2 % ВВП, основные поступления иностранной валюты, но самое главное – это фактор социальной стабильности, так как обеспечивает занятость трудоспособного населения сельской местности.

В сельских районах, орошаемое земледелие и переработка сельскохозяйственной продукции являются главными источниками занятости и доходов населения. Ведущие культуры – хлопчатник, который дает приблизительно 10 % экспортного дохода, пшеница, фрукты и овощи являются основой продовольственной безопасности страны [1].

В последние годы появляются некоторые факторы, ограничивающие развитие сельского хозяйства – это наблюдающийся повсеместно острый дефицит водных ресурсов, маловодье в отдельных годах, деградация земельных ресурсов. Значительная часть орошаемых угодий республики страдает от засоления, заболачивания и водной эрозии, потери агробиоразнообразия и других опасных процессов.

Поскольку сельское хозяйство является самым крупным пользователем водных ресурсов (около 90 %) целесообразно направить все усилия, в том числе материальные и финансовые ресурсы на эффективное внедрение водосберегающих технологий, расширение масштабов научно-исследовательских работ, стимулирование инновационных разработок, создание эффективного управления и использования водных ресурсов и т.д.

Как известно, повышение эффективности использования водных ресурсов и предотвращение дальнейшего засоления и ухудшения качества земли во многом зависит от широкого использования таких водосберегающих технологий, как капельное орошение, дождевание и лазерная планировка поливных участков.

Одной из широко признанных в мировой практике орошаемого земледелия водосберегающих технологий является капельное орошение. Сущность её заключается в том, что вода по трубам, разложенным на поверхности, над или под землей, поступает непосредственно в ризосферу небольшими объемами (капля за каплей) или выплескивается из специальных капельниц [2].

Капельный полив признают наилучшим методом орошения, потому, что благодаря уникальной технологии доставки, нужного количества воды, удобрений и микроэлементов непосредственно к корневой системе растения, появилась возможность повышения урожайности, а также выращивания садов, виноградников и овощей в малопригодных для земледелия местах – начиная от предгорий и кончая пустынями.

Капельное орошение - одна из главных составляющих повышения урожайности, наряду со строгим соблюдением агротехнологии, применением районированных и качественных сортов семенного материала и своевременным использованием необходимых удобрений. Капельное орошение даёт возможность выполнить этот комплекс с минимальными трудозатратами и гораздо меньшим количеством ценной влаги.

Капельное орошение экономит воду, расходуя от 1,5 - до 4,0 тыс. м³/га вместо 5 - 10 тыс. м³/га; удобрений – в 2 раза; затраты на сельскохозяйственную технику и горюче смазочные материалы – в 1,5 - 2 раза (между севом и уборкой исключается ряд операций по обработке почвы); повышает урожайность на 30-40 %. Только при капельном орошении можно орошать сельскохозяйственные культуры на сложных рельефах, предотвращая эрозии почвы [3].

Одним из широко распространенных в мире способов орошения (после бороздкового) является дождевание, которое обладает теми же преимуществами, что и капельное орошение, при этом системы дождевания стоят дешевле, отличаются высокой надёжностью, их эксплуатационные и амортизационные затраты также меньше по сравнению затратами по СКО.

Дождевание обладает теми же преимуществами, что и капельное орошение, при этом системы дождевания стоят дешевле, отличаются высокой надёжностью, их эксплуатационные и амортизационные затраты также меньше по сравнению затратами на системы капельного орошения.

Многочисленные результаты научных исследований показали, что даже в условиях жаркого климата поливы дождеванием могут быть более эффективны по сравнению с поверхностным орошением и особенно целесообразны на легких и маломощных почвах с высокой водопроницаемостью, склоновых землях и землях с близким залеганием (до 2-х метров) пресных и слабоминерализованных грунтовых вод.

Применение современных дождевательных машин позволяет экономить до 50 % оросительной воды, поднять урожайность сельхозкультур не менее,

чем на 30 % и практически решить проблемы, связанные с необходимостью усиленного дренажа и отвода громадных объёмов возвратных вод. Учитывая вышесказанное, главным стимулом использования дождевательных машин в Узбекистане для возделывания хлопчатника и озимых зерноколосовых культур является необходимость исключения потерь драгоценной воды на поле, с трудом доставленной из источников орошения, также возможность подачи воды растениям в объёме, не превышающем норму полива для растений.

Необходимо иметь виду, что применение в Узбекистане способа орошения дождеванием даст большой экологический эффект. Когда дождевание получит в республике широкое развитие, объёмы возвратного стока и его использования будут уменьшены вдвое. А это значит, что качество воды в водоисточниках по мере продвижения вниз по течению будет в значительной степени выровнено и приближено к качеству воды в их верховьях. Кроме того, улучшится мелиоративное состояние орошаемых земель и повысится их продуктивность, а за счёт реально получаемого водосбережения можно будет осваивать под орошаемое земледелие дополнительные площади [4].

Одним из высокоэффективных водосберегающих методов для орошаемых земель равнинных зон является лазерная планировка.

Эффективное применение планировки земли, особенно лазерной, имеет ряд преимуществ: более равномерная и гладкая поверхность, которая уменьшает время орошения и количество воды, требуемое для орошения поля; способствует более равномерному распределению воды по полю, более равномерной влажности почвы для культур, более одинаковой всхожести и роста культур, сокращению количества семян, удобрений и топлива, используемых при культивации, улучшению передвижения транспорта внутри поля (для проведения следующих друг за другом агротехнических операций).

Планировка земли уменьшает глубинную инфильтрацию и излишнее испарение из нижележащих участков поля из-за равномерного водораспределения. Планировка земли облегчает движение воды к различным участкам поля, уменьшает глубинную инфильтрацию до 5-7 % и испарение с

поверхности почвы до 3-5 %. Повышается эффективность водосбережения от планировки земли на 20-25 %, потому что она оберегает фермеров от излишних поливов и формирования высоких поверхностных сбросов. Обеспечивается одинаковая всхожесть и рост сельскохозяйственных культур, урожайность возрастает на 10,4-15,6 % или 4,2-4,5 ц/га [5,6].

Таким образом, на основании вышеизложенного, следует отметить, что достижение потенциально возможной урожайности при одновременном снижении оросительных норм возможно за счет применения капельного орошения, дождевания и лазерной планировки поливных участков. Эти технологии позволяют снизить водопотребление на 20-50 % по сравнению с используемым бороздковым поливом.

Необходимо также отметить, что внедрение водосберегающих технологий обеспечит увеличение орошаемой площади и соответственно число новых рабочих мест. Намного снизится потребность в использовании сельскохозяйственных машин за счет менее частой обработки почвы, внесению химикатов и удобрений с оросительной водой.

Государство, в результате внедрения водосберегающих технологий, сможет создать резерв водных ресурсов для дальнейшего развития орошаемого земледелия, поддержания водных экосистем.

В связи с высокой стоимостью формирования водных ресурсов, дефицит собственных водных ресурсов в республике, высокую эффективность капельного орошения, дождевания, лазерной планировки целесообразно широкое внедрение данных технологий орошения в фермерских и дехканских хозяйствах, где имеются еще не реализованные резервы экономии водных ресурсов.

Содержание

ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД МАЛЫХ РЕК МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ <i>Н.П. Карпенко</i>	3
ПРОБЛЕМЫ ВОДОБЕСПЕЧЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА <i>А.Д. Рябцев, М.К. Бекниязов</i>	13
ОЦЕНКА МЕЖГОДОВОЙ И СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СТОКА РЕК ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА <i>Г.Х. Исмайылов, В.Г. Гуськов</i>	23
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА БАССЕЙНА РЕКИ ШУ <i>Козыкеева А.Т., Мустафаев Ж.С., Адильбектеги Г.А., Даулетбай С.</i>	33
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ОБ ОСНОВАНИИ ПРОЕКТОВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ <i>Н.П. Карпенко, И.М. Ломакин,</i>	45
ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ГИДРОЛАНДШАФТНОЙ СИСТЕМЫ В НИЗОВЬЯХ РЕКИ СЫРДАРЬИ <i>Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, Н.П. Карпенко, Ж.Е. Ескермесов</i>	55
«ПРИРОДНЫЙ КАПИТАЛ» ЭКОСИСТЕМЫ БАССЕЙНА РЕКИ ТАЛАС <i>Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, М.К. Ешмаханов, Н.А. Турсынбаев</i>	65
ПЕРЕЧЕНЬ ОБВОДНЯЕМЫХ ОБЪЕКТОВ И РАЦИОНАЛЬНЫЙ ОБЪЕМ ОБВОДНЕНИЯ В БАССЕЙНЕ РЕКИ МОСКВЫ <i>В.И. Клёнов, И.В. Рагулина</i>	76
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ <i>Г.Х. Исмайылов, В.И. Клёнов</i>	85
ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ ГОДОВОГО И СЕЗОННОГО СТОКА БАССЕЙНА р. ВОЛГИ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XX ВЕКА <i>Г.Х. Исмайылов, Н.В. Муращенкова</i>	95

ГИДРОМЕТРИЧЕСКИЕ ЛОТКИ ДЛЯ КАНАЛОВ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ <i>Кушер А.М.</i>	105
ТРАНСГРАНИЧНЫЕ ВОДОТОКИ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА И МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО <i>М.К. Онаев</i>	115
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ – НАДЕЖНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПРОГНОЗА КОНЦЕНТРАЦИЙ ПЕСТИЦИДОВ В ГРУНТОВЫХ ВОДАХ <i>Колупаева В.Н., Горбатов В.С.</i>	124
ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОТИВОПАВОДКОВОЙ ЁМКОСТИ РУССКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ДЛЯ ОБВОДНЕНИЯ И УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ МОСКВОРЕЦКОЙ СИСТЕМЫ <i>Ильинич В.В., Бельчихина В.В.</i>	133
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОДОХРАНИЛИЩ НА ПРИМЕРЕ ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ <i>М.А. Смирнова, А.В. Перминов</i>	143
МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КАМСКОГО КАСКАДА ВОДОХРАНИЛИЩ <i>Г.Х. Исмайылов, Г.А. Ваганов</i>	154
ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ КОРРЕКЦИИ АЛЬГОЦЕНОЗА <i>Насонов А.Н., Цветков И.В., Кульнев В.В., Базарский О.В., Жогин И. М.</i> ..	165
ФРАКТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ПАВОДКОВЫХ НАВОДНЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ <i>В.И. Сметанин, А. Н. Насонов, И.М. Жогин, И. В. Цветков</i>	181
ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ И ОЦЕНКА ЕГО КАЧЕСТВА (НА ПРИМЕРЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ МАТЫРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА) <i>Д.В. Козлов, А.Н. Насонов, И.М. Жогин, И.В. Цветков</i>	191
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ АНТРОПОГЕННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ <i>Г.В. Шибалова</i>	203

ПРОГНОЗ ПЕРЕФОРМИРОВАНИЙ БЕРЕГОВ И ДНА ПРИ НАПОЛНЕНИИ БОГУЧАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОХРАННОСТИ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ <i>Маркин В.Н., Шабанов В.В.</i>	211
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ДНА И БЕРЕГОВ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ <i>Шабанов В.В., Маркин В.Н.</i>	227
ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ПО ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ <i>Н.В. Коломийцев, Т.А. Ильина, Б.И. Корженевский, Е.Н. Гетьман</i>	235
МИКРОПЛАСТИК В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ: ОПАСНОСТИ И МОНИТОРИНГ <i>В.Д. Казмирук</i>	247
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЕРХНЕГО И СРЕДНЕГО АМУРА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ВЫСОКИХ ПАВОДКОВЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО ПАВОДКА 2013 ГОДА. <i>А.Л. Бубер, М.А.Васляев</i>	257
УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ КАК МНОГОФАКТОРНАЯ ЗАДАЧА КОМПЛЕКСНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ <i>Л.Д. Раткович</i>	267
ПРОБЛЕМА ВЕДЕНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРЕДЕЛАХ ВОДООХРАННЫХ ЗОН ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ <i>Д.А. Алиев</i>	278
СОСТОЯНИЕ, РАЗВИТИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОЦИКЛОННЫХ И ФИЛЬТРОЦИКЛОННЫХ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ СТОЧНЫХ ВОД <i>Абдураманов Абдуманан</i>	284
ОСОБЕННОСТИ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА КАХОВСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ <i>Л.М. Булаенко, М.В. Вердыш</i>	292
АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ <i>В.А. Волосухин, А.С. Кравченко</i>	303

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ РАБОТ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ РУСЕЛ МАЛЫХ РЕК <i>В.И. Заносова, С.Ю. Коломоец</i>	313
РЕКОНСТРУКЦИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ ЗОНЫ ИЗБЫТОЧНОГО УВЛАЖНЕНИЯ С ЛОКАЛИЗАЦИЕЙ ИХ ДЕЙСТВИЯ <i>С.В. Климов, О.Л. Пинчук</i>	320
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ <i>Л.В. Левковская, К.И. Рыжова, Н.Э. Ковиун</i>	328
ЭРОЗИЯ СКЛОНОВ КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ БАССЕЙНОВ МАЛЫХ РЕК <i>Б.И. Корженевский, Н.В. Коломийцев</i>	338
АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ИОННОГО СТОКА БУХАРСКОГО ОАЗИСА УЗБЕКИСТАНА <i>Л.З. Шерфединов, Б.Т.Курбанов, Х.М. Якубова, Б.Б. Курбанов</i>	348
ГЛАВНЫЕ ЦЕЛЕВЫЕ ПРЕДНАЗНАЧЕНИЯ СОЛЕОТВОДЯЩЕГО ТРАКТА ПРАВОБЕРЕЖЬЯ р. АМУДАРЬИ <i>Б.Т. Курбанов, Л.З. Шерфединов, Б.Б. Курбанов</i>	353
АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ УЗБЕКИСТАНА СРЕДНЕГО И НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ р. АМУДАРЬИ <i>Б.Т. Курбанов, Л.З. Шерфединов, Б.Б. Курбанов</i>	358
ОРГАНИЗАЦИЯ СОЛЕВОГО СТОКА ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ р.АМУДАРЬИ <i>Б.Т. Курбанов, Л.З. Шерфединов, Б.Б. Курбанов</i>	364
ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ФОРМИРОВАНИЙ НА АМУДАРЬЕ <i>Б.Т. Курбанов, Л.З. Шерфединов, Б.Б. Курбанов</i>	374
К ВОПРОСУ ВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ <i>Б.Т. Курбанов, Н.А. Аскарходжаев, Б.Б. Курбанов</i>	382
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДО-СОЛЕОТВОДЯЩЕГО ТРАКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ И МЕТОДОВ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ <i>Б.Т. Курбанов, Магдиев Х. Н., Курбанов Б.Б.</i>	393

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ УПРАВЛЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ БАССЕЙНА Р.СЫРДАРЬЯ (ЧИРЧИК-АХАНГАРАН-КЕЛЕССКИЙ ИРРИГАЦИОННЫЙ РАЙОН) <i>И.Э. Махмудов</i>	403
ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ: ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ В ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ <i>Р.Г. Мирсаитов, Т.С. Гричаная</i>	411
СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ МОНИТОРИНГА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА <i>Т.В. Наумова, Е.В. Овчинникова, И.Ф. Пикалова</i>	421
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЙ СРЕДЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ УКРАИНЫ <i>Судук Е. Ю.</i>	429
ИТОГИ ЕЖЕГОДНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, НАХОДЯЩИХСЯ В ВЕДЕНИИ МИНИСТЕРСТВА ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ	439
К ВОПРОСУ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЁМОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ В УЗБЕКИСТАНЕ <i>И.Э. Махмудов, И.А. Усманов</i>	449
ВЫЧИСЛЕНИЕ ИНДЕКСА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ КОМПЛЕКСНЫМ МЕТОДОМ НА ПРИМЕРЕ Р. СЫРДАРЬИ В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН <i>Э.И. Чембарисов, Т.Ю. Лесник</i>	457
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ <i>А.С. Щербакова</i>	465
АКТУАЛЬНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ВОДОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ <i>Ф.М. Юсупова</i>	474