



2017 – Год науки в Беларуси



Министерство природных ресурсов
 и охраны окружающей среды Республики Беларусь
 Министерство образования Республики Беларусь
 Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь
 Национальная академия наук Беларуси
 Минский городской исполнительный комитет
 РУП «Центральный научно-исследовательский институт
 комплексного использования водных ресурсов»
 Белорусский государственный технологический университет

МАТЕРИАЛЫ V Международного Водного Форума «Водные ресурсы и климат»

В 2-х частях
Часть 1

5–6 октября 2017 г.



MATERIALS 5th International Water Forum “Water Resources and Climate”

In 2 Volumes
Volume 1

October 5–6, 2017

Минск 2017

Министерство природных ресурсов
и охраны окружающей среды
Республики Беларусь
Министерство образования
Республики Беларусь
Министерство лесного хозяйства
Республики Беларусь
Национальная академия наук Беларуси
Минский городской исполнительный комитет
РУП «ЦНИИКИВР»
УО «Белорусский государственный
технологический университет»

Ministry of Natural Resources
and Environmental Protection
of the Republic of Belarus
Ministry of Education
of the Republic of Belarus
Ministry of forestry
of the Republic of Belarus
National Academy of Sciences of Belarus
Minsk City Executive Committee
RUE «CRICUWR»
Educational Institution "Belarusian State
Technological University"

МАТЕРИАЛЫ

V Международного Водного Форума «Водные ресурсы и климат»

**В 2-х частях
Часть 1**

5–6 октября 2017 г.

г. Минск, Республика Беларусь



MATERIALS

5th International Water Forum «Water Resources and Climate»

**In 2 Volumes
Part 1**

October 5–6, 2017

Minsk, Republic of Belarus

УДК [502.171:546.212+628.16+621.22] (06)

ББК 26.222я73

В62

Рецензенты: зам. директора РУП «ЦНИИКИВР»,
канд. техн. наук *С.А. Дубенок*
профессор, декан факультета инженерных систем и экологии
Брестского государственного технического университета, д.г.н.
А.А. Волчек

Члены редколлегии: профессор, д-р техн. наук *О.Б. Дормешкин*
доцент, канд. техн. наук *И.А. Гребенчикова*
доцент, канд. техн. наук *А.В. Лихачева*
доцент, канд. хим. наук *Л.А. Шибeka*

Водные ресурсы и климат : материалы докладов V Международного Водного Форума: в 2 ч. – Минск : БГТУ, 2017. – Ч. 1. – 244 с.

ISBN 978-985-530-632-1

ISBN 978-985-530-634-8 (Ч. 1)

Сборник составлен по материалам докладов V Международного Водного Форума «Водные ресурсы и климат», проведенного в учреждении образования Белорусский государственный технологический университет». В представленных материалах рассмотрены основные направления и проблемные вопросы использования и охраны водных ресурсов в условиях изменяющегося климата. Представлены современные подходы по защите водных ресурсов от загрязнения, технологии очистки загрязненных вод. В докладах также отражены аспекты трансграничного сотрудничества Беларуси с соседними странами, а также вопросы гидроэнергетики и использования рекреационного потенциала рек и озер Беларуси.

ISBN 978-985-530-632-1

ISBN 978-985-530-634-8 (Ч. 1)

© УО «Белорусский государственный технологический университет», 2017

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

| | |
|-------------------------------|--|
| Малкина Ия Витальевна | Первый заместитель Министра природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь |
| Войтов Игорь Витальевич | Ректор учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» |
| Завьялов Сергей Владимирович | начальник управления регулирования воздействий на атмосферный воздух и водные ресурсы |
| Козакевич Светлана Николаевна | заместитель начальника отдела международного сотрудничества |
| Лабазнов Роман Юрьевич | начальник государственного учреждения «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» |
| Мазуркевич Юлия Валерьевна | начальник отдела науки информатизации (секретарь) |
| Станкевич Александр Петрович | директор республиканского унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов» |

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ ФОРУМА

| | |
|------------------------------|---|
| Антипирович Юлия Федоровна | младший научный сотрудник отдела гидроэкологических исследований республиканского унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов» |
| Герменчук Мария Григорьевна | Первый заместитель начальника государственного учреждения «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» |
| Гриб Анна Дмитриевна | ведущий специалист сектора правовой, кадровой и организационной работы республиканского унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов» |
| Леонтьев Виктор Николаевич | заведующий кафедрой биотехнологии и биоэкологии учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» |
| Лихачева Анна Владимировна | доцент кафедры промышленной экологии учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» |
| Марцуль Владимир Николаевич | заведующий кафедрой промышленной экологии учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» |
| Морозова Олеся Александровна | консультант отдела науки и информатизации Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь |
| Слиж Татьяна Вячеславовна | начальник отдела использования и охраны вод Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь |
| Сушко Светлана Валерьевна | консультант отдела науки и информатизации Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь |
| Черник Елена Олеговна | заведующий сектором информационного и выставочного обеспечения научной деятельности учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» |

**Приветственное слово
Заместителя Премьер-министра Республики Беларусь
М. И. Русого**

Уважаемые участники и гости Форума!

Разрешите мне от имени Правительства Республики Беларусь приветствовать Вас на V Международном Водном Форуме «Водные ресурсы и климат».

Актуальность и важность проводимого мероприятия обусловлена тем, что вопросы состояния водных ресурсов, повышения эффективности их использования и охраны от истощения и загрязнения в условиях изменяющегося климата касаются не только экономики в целом, но и каждого из нас.

Одним из основных конституционных прав граждан является право на благоприятную окружающую среду. На обеспечение этого права как основного условия устойчивого социального и экономического развития страны направлена государственная политика Республики Беларусь в области охраны окружающей среды. Принятие в 1992 году Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» послужило началом формирования в республике самостоятельной отрасли законодательства – законодательства об охране окружающей среды.

В настоящее время в Республике Беларусь действуют более 15 законодательных актов, регулирующих правоотношения в области охраны окружающей среды.

Подписанный Президентом Республики Беларусь Лукашенко А. Г. «Водный кодекс Республики Беларусь» от 30 апреля 2014 г. регулирует отношения, возникающие при владении, пользовании и распоряжении водами и водными объектами, и направлен на охрану и рациональное (устойчивое) использование водных ресурсов, а также на защиту прав и законных интересов водопользователей. Разработанная в соответствии с Водным кодексом Республики Беларусь «Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2020 года» закрепляет базовые принципы государственной политики в области использования и охраны водных ресурсов, сохранения экосистем, определяет основные направления деятельности по охране и использованию водных ресурсов Республики Беларусь.

Кроме того, Республика Беларусь является участницей около 20 международных конвенций в области охраны окружающей среды. В этой области за последнее десятилетие ею заключены более 40 международных договоров как двухсторонних, так и многосторонних.

В 1992 году в Хельсинки принята Конвенция ЕЭК ООН по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (Водная Конвенция), обеспечивающая правовую основу для регионального сотрудничества в области общих водных ресурсов (реки, озера и подземные воды) в европейском регионе. Главная цель Водной Конвенции заключается в усилении мер на местном, национальном и региональном уровнях по защите и обеспечению экологически устойчивого использования трансграничных поверхностных и подземных вод, предотвращению и сокращению трансграничного загрязнения. Указом Президента Республики Беларусь Лукашенко А.Г. от 21 апреля 2003 года № 161 Республика Беларусь присоединилась к Водной Конвенции. Ответственным органом за исполнение Водной Конвенции постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 1 июля 2003 года № 890 определено Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Присоединение Республики Беларусь к Водной Конвенции стимулировало международные организации, страны-доноры к дальнейшему оказанию финансовой технической помощи Беларуси в реализации основных положений Водной Конвенции. В целом за последние 5 лет по линии международной технической помощи было привлечено финансовых ресурсов на сумму свыше 11 млн долл. США, а в числе устойчивых партнеров находятся Программа ЕС Тасис, Глобальный экологический фонд, ПРООН, ОБСЕ и страны-доноры (Швеция, Дания, Германия).

В целях развития проектной деятельности необходимо подготовить Перечень перспективных проектов и разработок, связанных с реализацией Водной Конвенции, в части оценки состояния трансграничных водотоков, разработки показателей качества воды,

определения методов токсичности опасных веществ, применения экологически обоснованных технологий удаления опасных веществ, разработки бассейновых планов управления речными экосистемами.

20 сентября 2016 г. Республика Беларусь стала Стороной Парижского соглашения, принятого на 21-й сессии Конференции Сторон Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата в г. Париже 12 декабря 2015 года (Парижское соглашение). Соглашение направлено на реализацию мер по поддержке экологической целостности, развитию возобновляемых источников энергии, «зеленой» экономики, передаче высокоэффективных технологий, смягчение последствий изменения климата и адаптацию к изменяющемуся климату, что соответствует интересам Республики Беларусь.

Многочисленным решением 03 февраля 2017 г. утвержден План мероприятий по реализации положений Парижского соглашения к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата. Реализация положений Парижского соглашения и Целей устойчивого развития в Республике Беларусь рассматривается через разработку и реализацию Стратегии низкоуглеродного развития на период до 2050 года, Национального плана действий по увеличению абсорбции поглотителями парниковых газов, Национального плана действий по адаптации, в том числе сельского и лесного секторов экономики, жилищно-коммунального сектора, а также в области прогнозирования, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, связанных с климатическими изменениями. Для выполнения положений Парижского соглашения и достижения Целей устойчивого развития **рассматривается создание при Национальном Собрании Республики Беларусь Координационной платформы по вопросам устойчивого регионального и городского развития** – площадки для представителей местных органов власти, министерств и ведомств, исследовательских учреждений, финансовых учреждений, донорских организаций, представителей частного сектора, общественных организаций.

Республика Беларусь предлагает странам – сторонам Парижского соглашения принять на предстоящем в ноябре Совещании Сторон Рамочной Конвенции ООН об изменении климата решения по формированию прозрачных и понятных процедур реализации Парижского соглашения, призвать страны-доноры активизировать деятельность по оказанию финансовой поддержки развивающихся стран и стран с переходной экономикой в реализации их амбициозных целей в борьбе с изменениями климата.

Прилагаемые мировым сообществом усилия отражают желание решить проблемы водных ресурсов на глобальном уровне.

Позвольте пожелать всем участникам Форума плодотворной работы, выработки конкретных предложений по успешному решению важнейших проблем в области рационального использования и охраны водных ресурсов.

Приветственное слово Первого заместителя Министра лесного хозяйства Республики Беларусь А. А. Кулика

Уважаемые участники Международного форума!

Значение воды на нашей планете трудно переоценить, ведь она является основным компонентом всего живого на планете Земля, в том числе и древесных растений, растущих в лесу. Вода и лес являются неразрывными понятиями, и одним из первых документов, связавших воедино эти два природных богатства, был «Декрет о водах и лесах», изданный во Франции еще в 1215 г.

Общеизвестно, что длительный недостаток влаги, продолжительные засухи сильно сказываются на биологической устойчивости насаждений, они испытывают сильный водный стресс и становятся незащищенными от воздействия многих видов вредных организмов. Итог этого процесса, к сожалению, мы наблюдаем сегодня в Беларуси и на сопредельных

территориях: гибнут сосновые леса на большой площади, продолжается массовое усыхание еловых насаждений.

В то же самое время лес обладает водоохранными и водорегулирующими свойствами. Леса являются центром скопления и сохранения влаги, создают благоприятные условия для выпадения большего количества осадков и уменьшения испарения, следовательно, для накопления запасов грунтовых вод и увеличения речного стока.

И, конечно же, вода в виде ручьев, рек, озер и других открытых источников всегда привлекала к себе человека, для которого водоем является неизменным источником влаги, пищи и других полезностей. А если водоем окружает живописный лес – он пользуется большим спросом среди отдыхающих и туристов, так как обладает особыми «целебными» свойствами и помогает восстановить силы после напряженной работы.

От имени Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь и от себя лично желаю участникам водного форума крепкого здоровья и плодотворной работы на благо нашей страны!

Приветственное слово Министра природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь А. А. Худыка

Уважаемые дамы и господа, участники V Международного водного форума!

Водные ресурсы, как один из видов природных ресурсов, являются национальным достоянием во всех странах мира, и вопросы эффективного управления ими являются важной стратегической задачей для любого государства. Особую важность приобретают вопросы управления, планирования и экономики водного хозяйства при использовании водных ресурсов трансграничных водных объектов, особенно в условиях изменяющегося климата.

Водные ресурсы Республики Беларусь включают в себя речной сток, запасы воды в водоемах, а также естественные и эксплуатационные ресурсы подземных вод и удовлетворяют потребности населения и экономики страны в настоящее время и в отдаленной перспективе.

Прогнозные эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод в целом по стране оцениваются в 49,5 млрд. м³/сут. В настоящее время разведано только 14,3 % прогнозных ресурсов.

Поверхностные воды Беларуси представлены значительным количеством поверхностных водных объектов: более 20 тыс. рек общей протяженностью около 90 тыс. км, более 10,8 тыс. озер с объемом воды около 9 км³ и 153 водохранилища.

На территории нашей страны пять из семи больших рек являются трансграничными – Западная Двина, Западный Буг, Неман, Днепр, Припять, что требует комплексного управления ими с применением бассейнового принципа, с учетом того что с 2003 года Республика Беларусь является страной Конвенции по охране и рациональному использованию трансграничных водотоков и международных озер, основным принципом которой является бассейновое управление водными ресурсами.

В 2009 году Республика Беларусь присоединилась к Протоколу по проблемам воды и здоровья, который принят в развитие вышеуказанной Конвенции.

В соответствии с национальным законодательством проведение единой государственной политики в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов закреплено за Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Задачи и цели в области рационального использования и охраны водных ресурсов определены в Национальной стратегии устойчивого развития на период до 2030 года, Стратегии в области охраны окружающей среды на период до 2025 года, Водной стратегии на период до 2025 года, Государственной программе «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2016–2020 годы», подпрограммой «Чистая вода» Государственной программы «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2016–2020 годы».

Национальная стратегия устойчивого развития определяет цель к 2030 году по отношению к 2015 году исключить сброс недостаточно очищенных сточных вод, совокупные затраты на охрану окружающей среды должны составлять не менее 2% ВВП.

Водная стратегия одобрена Советом Министров Республики Беларусь и утверждена решением коллегии Минприроды (от 11.08.2011 № 72-Р). Предусмотренные Водной стратегией приоритетные направления предполагают:

- гармонизацию законодательства в области управления водными ресурсами со странами соседям, в первую очередь Российской Федерации и ЕС;
- внедрение принципа бассейнового управления водными ресурсами;
- проведение оптимизации водопользования в части внедрения прогрессивных энерго- и ресурсосберегающих технологических процессов, обеспечивающих снижение удельного водопотребления, а также переход на мало- и безводные технологии производства;
- развитие системы платного водопользования на основе эколого-экономической оценки водных ресурсов, в том числе экономическое стимулирование сокращения объемов сброса сточных вод в окружающую среду;
- охрану и восстановление нарушенных водных объектов;
- гарантированное обеспечение населения качественной питьевой водой;
- наращивание потенциала пресных питьевых вод высокого качества для бутилирования и реализации их на внутреннем и внешних рынках, а также расширение использования минеральных лечебных вод в бальнеологии;
- обеспечение защищенности населения и отраслей экономики от негативного воздействия стихийных гидрометеорологических явлений;
- создание благоприятных условий для развития водного туризма и рекреации.

В результате реализации мер достигнуты следующие показатели:

- удельное водопотребление на хозяйственно-питьевые нужды населения за 16 лет сократилось 214 до 145 л/чел/сут (при плане 160 л/чел/сут), за исключением города Минска, где данный показатель составил 177 л/чел/сут;
- экономия воды за счет оборотного и повторно-последовательного ее использования составила 93 % (при плане 92 %)
- обеспеченность централизованными системами водоснабжения сельского населения в агрогородках достигла 80,7 % (при плане 80 %).

Несколько медленными темпами осуществляется достижение прогнозного показателя, направленного на сокращение площадей полей фильтрации. В настоящее время из эксплуатации в среднем по республике выведено 12,7 % (при плане 50 %).

Основной причиной не достижения данного показателя в установленный срок является недостаточное выделение средств на строительство альтернативных канализационных очистных сооружений, а также выполнение работ по рекультивации карт полей фильтрации, финансирование которых, в основном, осуществлялось в рамках реализации программы «Чистая вода» и экологического фонда.

Наблюдается увеличение использования потенциала пресных и минеральных вод для бутилирования – объем используемой подземной воды для этих целей увеличился на 53 % (к 2010 г.) и составил 479,0 тыс.м³/год.

Продолжено изучение геотермальных ресурсов республики. В настоящее время действует более 150 геотермальных установок суммарной мощностью около 7 МВт (на 3 МВт больше к 2010 г.).

Отмечается тенденция к снижению объема добычи пресных подземных вод для использования, который составляет 824,0 млн.м³ (при целевом показателе 800,0 млн.м³).

Сокращению объемов использования воды на производственные нужды способствовало внедрение приборного учета вод. В настоящее время приборным учетом по добыче (изъятию) вод охвачено 99,5 % объектов промышленности и более 95 % сельскохозяйственных организаций.

Наблюдается устойчивая тенденция по снижению поступления массы загрязняющих веществ в водные объекты. Данный показатель достигнут за счет реализации комплекса меро-

приятый Государственной программы по водоснабжению и водоотведению «Чистая вода» в период 2006 по 2015 гг. путем строительства и реконструкции 94 очистных сооружений канализации, в том числе в городах Ивацевичи, Воложин, Мядель, Глуск, Горки, Чаусы, Ивье, Ушачи и другие. Вместе с тем, остро стоят проблемы локальной очистки промышленных сточных вод перед их сбросом в сети коммунальной канализации, а также вопросы обработки и утилизации осадков сточных вод, образующихся на коммунальных очистных сооружениях.

Мониторинг подземных вод проводится на 97 гидрогеологических постах по 347 режимным наблюдательным скважинам. Существующая государственная сеть мониторинга поверхностных вод насчитывает около 300 пунктов наблюдений на 160 водных объектах, в том числе на 32 пунктах на 27 трансграничных водных объектах. Также одним из нововведений законодательства об охране и использовании вод является необходимость присвоения поверхностным водным объектам экологического статуса в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь, которая функционирует в Республике Беларусь с 1993 года.

Наиболее чистые водоемы отмечены в бассейнах рек Западной Двины (озера Волосо Северный, Волосо Южный, Езерище, Лукомское, Мядель, Обстерно, Сарро, Снуды, Тиосто), Немана (озера Мястро и Нарочь) и Припяти (озеро Белое у н.п. Бостынь). Обращает на себя внимание существенное улучшение обстановки на реках Свислочи у н.п. Королищевичи и Узе 10,0 км юго-западнее г. Гомеля.

Наибольшую нагрузку от сточных вод испытывают р.Свислочь ниже г. Минска, р. Неман ниже г.Гродно, р.Березина ниже г.Бобруйска, р.Днепр ниже г.Могилева и г. Речицы, р. Западная Двина ниже г.Новополоцка, р. Припять ниже г. Мозыря, р.Ясельда ниже г. Березы.

Важным направлением является международное, в первую очередь трансграничное сотрудничество в области управления водными ресурсами поверхностных и подземных вод.

В настоящее время Республикой Беларусь подписаны два межправительственных соглашения о сотрудничестве в области охраны и использовании трансграничных вод (Россия, Украина), в рамках которых на уровне Уполномоченных Правительствами сопредседателей и рабочих групп по бассейнам рек Днепр, Западная Двина, Западный Буг и Припять проводится работав соответствии с утвержденными годовыми планами.

Ведется активная работа по подготовке к подписанию аналогичного соглашения по сотрудничеству в области управления трансграничными водами бассейна реки западный Буг с Республикой Польша.

Начата реализация принципа бассейнового управления водными ресурсами путем создания бассейновых советов, которые служат механизмом консолидации власти и ответственности в принятии решений по управлению водными ресурсами. Создан Днепровский бассейновый совет, первое заседание которого состоялось в г. Могилеве в 2016 году.

Реализация системы эффективного бассейнового управления невозможна без внедрения системы экономического стимулирования водопользования с применением основного принцип – «загрязнитель платит».

В настоящее время установлены налог за добычу подземных и изъятие поверхностных вод и экологический налог за сбросы сточных вод.

Экономический механизм водопользования в республике требует реформирования, прежде всего, в части экономической оценки имеющихся водных ресурсов и стоимости их использования, также и в части платежей за массу загрязняющих веществ, а не за объем стоков.

Экономический механизм водопользования должен стимулировать модернизацию водохозяйственных систем и сооружений, независимо от форм собственности и ведомственной принадлежности, с целью повышения эффективности использования водных ресурсов и снижения поступления загрязнения в окружающую среду.

2017 год в Республике Беларусь объявлен Годом науки

Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды активно участвует в проведении фундаментальных и прикладных научных исследований в области использования и охраны водных ресурсов и неделю назад Научно-техническим советом одобрена

стратегии развития научной, научно-технической и инновационной деятельности в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов на 2017–2020 годы и на период 2025 года.

От имени Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды желаю всем участникам V Международного водного форума плодотворной работы, интересных дискуссий выработки решений, направленных на сохранение и улучшение качества вод!

Приветственное слово Заместителя Министра образования и науки Российской Федерации Г. В. Трубникова

Участникам, гостям и организаторам

V Международного Водного форума «Водные ресурсы и климат»

От имени Министерства образования и науки Российской Федерации искренне поздравляю вас с проведением V Международного Водного Форума «Водные ресурсы и климат».

Форум является уникальным мероприятием, ведущим к укреплению взаимных связей и сотрудничеству лиц со всего мира, где каждый может попытаться не только донести проблемы, но и сформулировать общие подходы для эффективного решения ключевых задач сегодняшнего дня.

Благодаря приверженности основной цели форума, заключающейся в выработке оптимальных решений по повышению эффективности использования водных ресурсов, их охраны от истощения и загрязнения в условиях изменяющегося климата, расширяется осведомленность общества об общемировых водных проблемах и повышается их значимость.

Водные объекты являются одним из важнейших компонентов окружающей среды, ограниченным и уязвимым природным ресурсом. Неоспоримым фактором, оказывающим решающее влияние на водный режим, является климат, от которого зависят возможности развития промышленности, энергетики и транспорта, условия жизни и здоровье населения.

Именно поэтому водный форум является актуальным событием, который призван улучшить экологическую обстановку в стране, что должно отразиться не только на общем состоянии природных ресурсов и комплексов, но и на отношении граждан к экологическим проблемам.

Хотелось бы от всего сердца пожелать участникам, гостям и организаторам V Международного Водного Форума «Водные ресурсы и климат» достижения поставленных целей и покорения новых вершин.

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

И. В. Войтов, ректор БГТУ, д.т.н.
БГТУ, г. Минск

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА (ОБРАЗОВАНИЕ И НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ)

Белорусский государственный технологический университет на протяжении всей своей более чем 85-летней истории занимает ведущие позиции в образовательной и научной сферах. Сегодня он является уникальным, динамично развивающимся инновационным и научным центром.

БГТУ готовит специалистов для производственной и социальной сфер экономики по 32 специальности и 62 специализациям высшего образования первой ступени, 37 специальностям второй ступени (магистратуры), 27 специальностям среднего специального и профессионально-технического образования, 9 специальностям переподготовки кадров и 26 научным специальностям в аспирантуре и докторантуре.

Университет имеет высокий международный авторитет, является базовой организацией государств СНГ по образованию в области лесного хозяйства и лесной промышленности, сертифицировал свою систему менеджмента качества (СМК) в национальной и немецкой системе аккредитации DGA.

БГТУ осуществляет подготовку инженерных кадров в рамках основных направлений, рассматриваемых на данном Форуме, по следующим специальностям и специализациям.

Подготовка инженеров-химиков-экологов по специальности «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» ориентирована на деятельность, направленную на обеспечение комплексного и рационального использования сырьевых, топливно-энергетических ресурсов, водных ресурсов, использование рекреационного потенциала водных объектов Беларуси, мониторинга поверхностных и подземных вод, сохранение и улучшение качества окружающей среды, контроль и нормирование воздействия на окружающую среду на уровне предприятий и территориальных комплексов.

Специальность «Биоэкология» рассматривает процессы мониторинга и биотестирования состояния окружающей среды, биодеструкции загрязнений, микробного синтеза биологически активных веществ из отходов производства, биологической очистки стоков и воздушных выбросов, утилизации и биodeградации отходов промышленности и сельского хозяйства.

Специальность «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент» ориентирована на изучение теплоэнергетики, электроэнергетики и нетрадиционной энергетики, принятие оптимальных управленческих решений по эффективному энергоиспользованию, применению прогрессивных методов прогнозирования, планирования, учета, контроля и анализа энергоиспользования производственных систем. Помимо фундаментальной подготовки предусмотрены дополнительные циклы курсов, связанные с энергоберегающими технологиями в области химии, производства строительных материалов, заготовки и переработки древесины.

Промышленность Республики Беларусь испытывает постоянную потребность в инженерах специальности «Технология электрохимических производств» со специализацией «Электрохимическая очистка сточных вод». Профессиональная подготовка инженеров-химиков-технологов по данной специальности ориентирована на организацию и руководство всеми видами работ по технологии очистки особо опасных загрязненных вод.

Подготовка и выпуск специалистов по специальности «Лесное хозяйство» позволяет умело использовать лесные богатства и проводить их воспроизводство, создавать водоохранные и природоохранные леса I категории охраны. Это весьма сложная задача, требующая знаний в самых различных областях: от экологии и ботаники до аэрокосмических методов и инженерной геодезии, от генетики и селекции лесных растений до технологий

механической обработки древесины, от механики машин и механизмов до биологии лесных зверей и птиц.

В БГТУ осуществляется подготовка кадров по специальности «Туризм и природопользование», которая обеспечивает подготовку специалистов, владеющих вопросами проектирования и создания объектов экологического и охотничьего туризма, трансграничного сотрудничества в области охраны и использования трансграничных водных объектов, организации и проведения туристических мероприятий, производство и реализации услуг в туристических организациях, национальных парках и заповедниках, лесохозяйственных хозяйствах, научно-исследовательских, производственно-коммерческих и образовательных учреждениях.

Актуальные вопросы водоподготовки, очистки сточных вод и осадков рассматриваются в дисциплинах образовательных программ дополнительного образования взрослых.

Учебными планами ряда специальностей переподготовки руководящих работников и специалистов предусмотрены дисциплины по вопросам экологии и контроля состояния окружающей среды на предприятиях промышленности. В дипломных проектах по специальности «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий» выполнены работы по созданию и внедрению современных участков водоподготовки и очистки сточных вод на ведущих предприятиях химической промышленности и промышленности строительных материалов.

Вопросы водоподготовки и водоочистки также рассматриваются в рамках программ повышения квалификации специалистов лесной деревообрабатывающей, химической, полиграфической отраслей промышленности. Успешно реализуются следующие программы повышения квалификации:

- «Технология электрохимических производств»;
- «Экологическая биотехнология»;
- «Охрана окружающей среды»;
- «Технология сульфатной беленой целлюлозы»;
- «Технология плитных материалов».

С развитием инновационной экономики и рынка информационных технологий возросла потребность в ИТ-специалистах. В университете ведется подготовка инженеров-программистов на факультете информационных технологий. Практически все отрасли национальной экономики (лесное и сельское хозяйство, лесопромышленный комплекс, транспорт, геология и разработка полезных ископаемых, различные государственные службы, армия, милиция и т.д.) нуждаются в программном продукте, создаваемом отечественными программистами. Последнее очень важно для нашей страны с точки зрения обеспечения информационной безопасности используемых технологий и программных средств, что позволяет программно реализовывать важнейшие системы в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

В БГТУ функционирует 34 учебно-научно-производственных центра (УНПЦ) и 18 филиалов кафедр университета на производствах и в организациях республики – заказчиках кадров и 12 научных отраслевых лабораторий и научно-исследовательских лабораторий. В 2017 году созданы филиалы кафедр на базе Государственного научно-производственного объединения «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», Государственного природоохранного учреждения «Республиканский ландшафтный заказник «Налибокский», УП «Минскводоканал».

Мы живем в период изменения климата. В последние 25 лет средняя глобальная температура возросла со скоростью 0,19 °С в десятилетие, что хорошо согласуется с ростом концентрации парниковых газов. Каждый год последнего десятилетия был среди самых теплых лет с начала инструментальных наблюдений. Усиливается таяние льдов, следствие чего является повышение уровня моря (примерно на 3,4 мм /г с 1993 г.).

Наблюдаемое в последние десятилетия потепление связывается в том числе и с изменениями в глобальном гидрологическом цикле, такими как:

- увеличение содержания водяного пара в атмосфере;

- изменение режима, интенсивности и экстремальных величин осадков;
- уменьшение снежного покрова и широкомасштабное таяние льда;
- изменения в почвенной влаге и поверхностном стоке.

В свою очередь данные наблюдений и результаты моделирования свидетельствуют о том, что ресурсы пресной воды подвержены значительному воздействию в результате изменения климата. Следствием этого являются негативные последствия для экономики большинства стран и многих экосистем. Органы исполнительной власти не смогут разрешить наиболее злободневные цели устойчивого развития без кардинального сдвига в управлении водными ресурсами.

За 20-е столетие количество осадков, выпавших на поверхность суши, в основном увеличилось в высоких северных широтах. Частота сильных осадков увеличилась на большинстве территорий. В глобальном масштабе, площадь суши, которая классифицируется как очень сухая, с 1970-х годов увеличилась более чем вдвое. Значительно уменьшились запасы воды в горных ледниках и снежном покрове Северного полушария.

По прогнозам, к 2050 г. площадь суши, подверженная растущему водному стрессу, будет более чем в два раза превышать площадь с ослабевающим водным стрессом. Под водным стрессом, как известно, понимают недостаток воды приемлемого для потребления (прежде всего питьевые и хозяйственно-бытовые нужды) качества. Он характеризует интенсивность использования запасов пресной воды и определяется как процентное отношение валового водозабора к совокупным возобновляемым ресурсам пресной воды.

Совокупное воздействие изменяющегося климата, роста численности народонаселения и урбанизации ведёт к тому, что спрос на водные ресурсы будет расти, в то время как их предложение становится все более ограниченным и нестабильным. Дефицит водных ресурсов в сочетании с другими факторами может привести в ряде регионов к снижению темпов роста ВВП, неконтролируемой миграции и конфликтам.

Большинством климатических моделей для XXI века прогнозируется увеличение осадков в высоких широтах и в некоторых частях тропиков, и уменьшение в некоторых субтропических и более низких среднеширотных регионах. Прогнозируется увеличение интенсивности и частоты осадков, что повысит риск наводнений и засухи во многих районах.

Расчеты показывают, что на Севере Евразии к 2050 г. их частота возрастает в 2–4 раза, а к 2100 г. – в 3–5 раз. Например, аномально сильные паводки или «волны жары», встречавшиеся раз в 20 лет, будут каждые 4–6 лет (Изменение климата: обзор Пятого оценочного доклада МГЭИК. М.:2014).

Для условий Беларуси при изменении климата наибольший риск связан с наводнениями. Анализ данных о наводнениях 1845 и 1931 гг. показывает, что на территории Беларуси высока вероятность формирования в будущем и более катастрофических паводков и половодий. Такая ситуация возможна при усилении антропогенной нагрузки на водосборе и обусловлена с гидрологической точки зрения существенным изменением условий формирования стока (Шестое национальное сообщение Республики Беларусь Оценка уязвимости, воздействия изменения климата и меры по адаптации.)

По некоторым оценкам к 2025 году более 2,8 миллиардов людей 48 стран мира будет испытывать нехватку воды. К 2050 году количество людей, постоянно испытывающих нехватку воды, может достичь 7 миллиардов.

Ожидается, что повышение температуры воды в сочетании с повышением частоты экстремальных явлений (в том числе наводнения и засухи), окажет негативное воздействие на качество воды и увеличит ее загрязнение (рост содержания биогенных веществ, растворенного органического углерода, патогенов, пестицидов, солей и теплового загрязнения), что негативно скажется на состоянии экосистем.

Изменения в количестве и качестве воды в большинстве регионов, вызванные изменением климата, окажут негативное влияние на обеспеченность продовольствием, продовольственную стабильность, доступ к продовольствию и его использование.

Изменение климата влияет на функционирование водного хозяйства на всех уровнях, включая гидроэнергетику, дренажные и оросительные системы, системы водоснабжения

и водоотведения. Это влияние прежде всего сказывается на эксплуатационных расходах, которые существенно возрастают.

Для обеспечения устойчивого функционирования водного хозяйства в условиях изменяющегося климата необходимо, чтобы система управления была адаптирована к этим изменениям и их последствиям для водных ресурсов. Это возможно в рамках Интегрированного Управления Водными Ресурсами (ИУВР), которое базируется на результатах мониторинга, позволяющего оценить отклонения, связанные с изменением климата, и использовать их при разработке краткосрочных и долгосрочных мер. ИУВР создает основу для осуществления мер по адаптации во всех социально-экономических, природоохранных и административных системах.

Адаптация предполагает разработку стратегий, ориентированных на спрос и предложение водных ресурсов; расширение использования экономических стимулов, включая учет расхода воды и установление цены на воду, развитие рынков воды, увеличение полезного объема водохранилищ, перераспределения воды и др.

Нужно в корне изменить отношение к воде, стимулируя экономию воды в сфере производства и потребления. Движущими факторами процесса снижения водоемкости производства являются изменения в технологии, моделях поведения, приоритетах социально-экономического развития и даже изменения в политике. Долговременное влияние на водопотребление могут иметь решения, закладываемые в градостроительных проектах общего планирования – схемах комплексной территориальной организации всех уровней, генеральных планах населенных пунктов. Необходимо шире использовать для оценки эффективности водной стратегии государства, производства и технологий такой показатель, как «Водный след».

В 2014 году Международной организацией стандартизации был опубликован стандарт ISO 14046:2014 «Экологический менеджмент. Водный след. Принципы», содержащий рекомендации по измерению водного следа для компаний и государственных организаций. Расчёт водного следа позволяет оценить потенциальные риски использования водных ресурсов, выявить наиболее эффективные способы снижения воздействия на окружающую среду, связанного с водопотреблением, повысить эффективность экономической деятельности.

Водное хозяйство не относится к секторам экономики, характеризующимся значительными выбросами парниковых газов.

Так, на очистных сооружениях метан (CH_4), выделяется на иловых площадках, во время транспортировки и очистки сточных вод, при анаэробном сбраживании осадков сточных вод. Основным источником N_2O является очистка коммунальных сточных вод. Ожидается, что выбросы метана только из сточных вод возрастут почти на 50%, а N_2O на 25% в период между 1990 и 2020 гг., особенно в быстроразвивающихся странах восточной и южной частей Азии. В развивающихся странах из-за быстрого роста населения и урбанизации без параллельного развития инфраструктуры по очистке сточных вод выбросы CH_4 и N_2O из сточных вод в общем выше, чем в развитых странах. Используя современные технологические решения по очистке сточных вод и обработке осадков можно значительно сократить выбросы этих парниковых газов или свести практически к нулю.

Меры по снижению выбросов парниковых газов в процессе функционирования водохозяйственного комплекса должны включать:

- использование технологий очистки сточных вод и обработки осадков, позволяющие снизить выбросы парниковых газов, реализовать их энергетический потенциал путем прямого сжигания или через производство биогаза;

- использование гидроэнергетического потенциала водных объектов;

- использование геотермальной энергии;

- изменения в землепользовании и управлении землепользованием в части использования воды.

- выращивание биоэнергетических культур с использованием осадков;

- лесовозобновление с использованием сточных вод для орошения;

– использование очищенных сточных вод для сельскохозяйственного или садового орошения, рыбоводного хозяйства, искусственного пополнения водоносных горизонтов или применений в промышленности.

Повышение энергетической эффективности систем очистки производственных и коммунальных сточных вод весьма актуально для Беларуси. Использование современных систем аэрации, технологий очистки от азота аммонийного, обработки осадков позволяет очистные сооружения из достаточно крупного потребителя энергии превратить в объект, способный функционировать без ее потребления из внешних источников.

При выборе технологических решений по всем перечисленным направлениям важно производить сравнение возможных вариантов проектных решений с учетом воздействия на климат. Это позволяет сделать программные продукты и базы данных, в основу которых положены методики анализа жизненного цикла (например, SimaPro, Umberto и др.). Опыт проведения такого сравнения и методики имеются в БГТУ.

Одно из направлений деятельности Координационно-аналитического центра по биоэнергоресурсам, который создан в БГТУ является расширение использования биогазовых технологий, повышение эффективности действующих установок, сравнительный анализ проектных решений по воздействию на окружающую среду и на климат.

Состояние водных ресурсов, гидрологический режим территории оказывает существенное влияние на состояние лесных ресурсов, которые вносят существенный вклад в поглощение углекислого газа. Для оценки связи гидрологического режима территории, на которой планируются лесопосадки, необходимо лучше понять влияние массовых лесопосадок на процессы, формирующие гидрологический цикл, такие, как дождевые осадки, эвапотранспирация, сток, инфильтрация и пополнение подземных вод. Это позволит принимать взвешенные решения, дающие максимальный природоохранный эффект.

Цель и задачи, определенные Форумом – выработка оптимальных решений по повышению эффективности использования водных ресурсов для нужд экономики и их охраны от истощения и загрязнения в условиях изменяющегося климата – соответствуют «Основным направлениям научной деятельности БГТУ на 2016–2020 гг.», в частности, следующим направлениям:

1) разработка методик оценки и контроля показателей воздействия производственных объектов на окружающую среду, технических и технологических решений обращения с отходами;

2) экологическая биотехнология и промышленная безопасность;

3) повышение эффективности использования лесных ресурсов Республики Беларусь путем адаптации лесохозяйственной деятельности к изменению погодноклиматических условий, сохранения и усиления роли лесов в охране здоровья граждан и улучшения состояния окружающей среды.

Университет выступает в качестве головной организации-исполнителя ГНТП «Леса Беларуси – устойчивое управление, инновационное развитие, ресурсы», а также подпрограммы «Гальванотехника» ГПНИ «Механика, металлургия, диагностика в машиностроении». Я являюсь научным руководителем подпрограммы «Устойчивое использование природных ресурсов и охрана окружающей среды» ГНТП «Природопользование и экологические риски». В рамках данных программ выполняются многие проекты, направленные на рациональное использование водных ресурсов и охрану окружающей среды.

В рамках вышеуказанных направлений учеными БГТУ успешно решается ряд фундаментальных и прикладных проблем и задач:

– способы обращения с осадками очистных сооружений канализации в Республике Беларусь;

– способы комплексной оценки токсичности осадков сточных вод и продуктов их обработки;

– способ очистки сточных вод производства и применения карбамидоформальдегидных смол от формальдегида;

– извлечение фосфора в процессе обработки осадков сточных вод;

- новые материалы для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов;
- совершенствование водного хозяйства гальванического производства;
- биоэкологический контроль безопасности сточных вод;
- сорбенты для очистки сточных вод из цеолитсодержащих отходов;
- оценка токсичности и детоксикации сточных вод методом биотестирования подвижности клеток;
- разработка информационно-диагностической системы оживления водных объектов в городе;
- получение пигментов из отработанных электролитов гальванического производства;
- измельчение полимеризационных ионитов в вертикальной центробежно-шаровой мельнице;
- ингибирование осадкообразования в водооборотных системах в присутствии органических добавок;
- использование воды в производстве гигиенических моющих средств;
- продукты взаимодействия титансодержащих компонентов с гидроксидом натрия в условиях гидротермальной обработки;
- фотокаталитическая активность композитов на основе нанодисперсного модифицированного диоксида титана;
- влияние нефтепродуктов на процессы миграции фосфора в иловой смеси;
- возможности применения сверхкавитирующих аппаратов в технологиях очистки промстоков;
- кавитационные методы рециклинга промышленных вод;
- санитарно-гигиенических требований к питьевой воде используемой предприятиями пищевой промышленности;
- экспертная система и аналитическая подсистема, реализация математической модели прогнозирования последствий разлива нефтепродуктов;
- практическое использование углерододепонирующей функции лесов с применением целевых мероприятий по возобновлению и уходу за лесом;
- использование рекреационного потенциала водных объектов Беларуси в туризме;
- водоохранные леса Беларуси.

Учеными БГТУ решен ряд важных научно-технических проблем:

- по заказу Норвежского университета естественных наук, разработана учебно-программная документация по управлению водными ресурсами;
- для ООО «ММПЗ ГмбХ» (Австрия) проанализированы проектные решения по охране окружающей среды, разработаны рекомендации по внесению дополнений (изменений) в проектную документацию, предложений по организации производственного контроля в области охраны окружающей среды;
- разработано эколого-экономическое обоснование привлечения средств экологического фонда Республики Польша для финансирования проектов строительства и реконструкции очистных сооружений, расположенным на территориях, находящихся в бассейнах трансграничных с Польшей водных объектов (рек);
- для ОАО «Гродно Азот», ОАО «Мозырский НПЗ» разрабатываются новые высокоэффективные композиции ингибиторов для применения в качестве стабилизаторов жесткости в охлаждающих водооборотных циклах промышленных предприятий;
- для ОАО «Амкодор» – управляющая компания холдинга», ОАО «Речицкий метизный завод» и др. разработана технология получения пигментов и пигментных паст из отработанных технологических растворов нанесения защитных гальванических покрытий, позволяющая снизить воздействие гальванического производства на окружающую среду за счет переработки отработанных технологических растворов гальванического производства с получением импортозамещающей продукции – пигментов и пигментных паст;
- обследованы очистные сооружения ЗАО «Амкодор-Эластомер» и выданы рекомендации по повышению эффективности их работы;

– по заказу Барановичское КУПП «Водоканал» исследовано влияние производственных сточных вод на биологическую очистку и разработаны рекомендации по обеспечению оптимальных условий очистки на очистных сооружениях канализации г. Барановичи;

– по заказу Эколого-просветительского учреждения «Белэкопартнерство» исследована работа действующих коммунальных очистных сооружений бытовых сточных вод и локальных очистных сооружений;

– практически использована углероддепонирующая функция лесов с применением целевых мероприятий по возобновлению и уходу за лесом, которые обеспечивают участие лесохозяйственной отрасли Беларуси на углеродных рынках с инновационными проектами устойчивого лесопользования и сокращения выбросов углекислого газа с доходностью лесного хозяйства до 100 млн. долл. США ежегодно;

– изучены особенности использования потенциала малых рек республики для целей развития экологического водного туризма в регионе ГПУ «НП «Браславские озера»;

– по заказу РУП «Белгослес» на основе анализа базы данных «Лесной фонд Республики Беларусь» дана характеристика водоохранных лесов Беларуси;

– разработаны технические условия на органическое удобрение на основе обезвоженного сброженного осадка сточных вод, получаемого на КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод»;

– для ОАО «Борисовдрев», ОАО «Мостовдрев» и других деревообрабатывающих предприятий республики разрабатываются технологии очистки природных и сточных вод от фосфатов кальций- и магнийсодержащих отходов производства и др.

Для повышения эффективности научных исследований и качества подготовки инженерных кадров в БГТУ функционирует Центр физико-химических методов исследования. В настоящее время в состав Центра входят восемь лабораторий:

- атомно-абсорбционной спектроскопии;
- инфракрасной спектроскопии;
- просвечивающей электронной микроскопии;
- анализа размеров частиц и удельной поверхности;
- термического анализа;
- хроматографии и хромато-масс-спектрометрии;
- рентгеноструктурного анализа;
- сканирующей электронной микроскопии.

Ежегодно количество исследованных Центром образцов по заявкам БГТУ и внешних заказчиков составляет более 2000.

Ратнавеера Харша, PhD
Норвежский университет естественных наук, Норвегия, г. Ос

ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ОЧИСТКУ СТОЧНЫХ ВОД И ЕГО ВОЗМОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ

Введение. Согласно ООН, вода является основной средой, благодаря которой изменение климата влияет на экосистему Земли, а, следовательно, на жизнедеятельность и благосостояние населения. Повышенные температуры и изменения экстремальных погодных условий оказывают влияние на доступность и распределение осадков, снеготаяния, речных потоков и грунтовых вод. В большинстве случаев, наиболее уязвимыми являются бедные страны.

Глобальная средняя температура увеличилась на 0,8 °С по сравнению с доиндустриальными временами. По сравнению с средней мировой температурой, температура в Европе достигала больших значений. Изменение количества осадков показывает пространственно-изменяющиеся тенденции по Европе. Примером является, ежегодное увеличение осадков в северной части Европы на 10–40% и снижение до 20% в некоторых южных частях в XX веке. На протяжении 20 столетия, в Северных частях Европы прослеживается тенденция возрастания годового количества речных потоков (в основном зимой), в Южных частях наблюдается обратная ситуация – небольшое снижение. Замечено значительное ускорение таяния европейских ледников с 1980 года. В последние годы наблюдалось большое количество осадков (сильные дожди) и наводнений (OECD, 2013).

Изменение климата также может иметь позитивные последствия; существует ряд значительных преимуществ, касательно здоровья и развития при адаптации к изменению климата. Например, стимул напрямую нацеливаться на более высокий уровень обслуживания для тех, кто в настоящее время не обслуживается, без прохождения промежуточного этапа коммунального уровня услуг. Сосредоточенность на адаптации к изменению климата делает больший акцент на необходимости решения проблем, связанных с устойчивостью водных источников с самого начала возникновения новых программ, а не в последствии возникших проблем. Обеспокоенность в связи с адаптацией к изменению климата создает более сильное давление для рационализации выбора технологий, которые будут использоваться для обеспечения устойчивых и эффективных услуг (WHO, 2009).

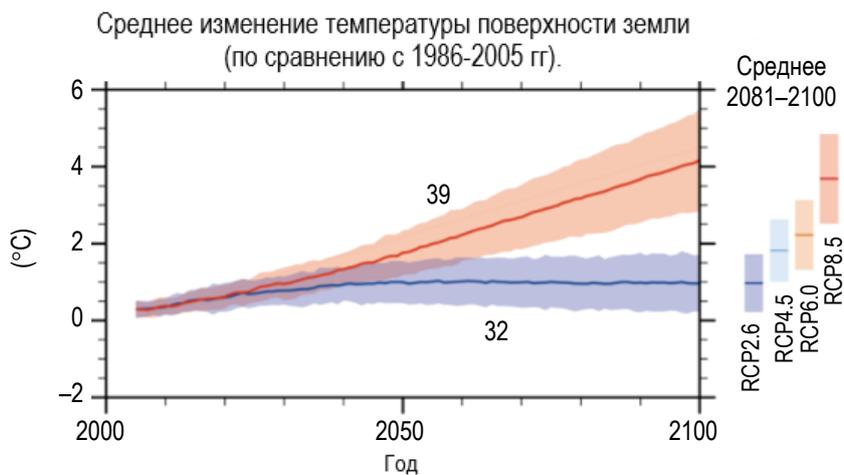
При увеличении населения мира на 50 % и городского населения на 30 % начиная с 2000 по 2050 год в большинстве случаев мир столкнется с огромными проблемами. Вода не является исключением. При наличии менее чем 0,3 % всей воды в виде пресных вод для пользования человечества, а также неравномерного использования воды, многие регионы мира столкнулись с физическим и экономическим дефицитом уже в начале 21^{го} века. Воздействие изменения климата еще больше ухудшит ситуацию с созданием экстремальных условий, которые принесут катастрофические последствия. Стоит ожидать беспрецедентный хаос и кризис, если мы не ответим сейчас, действиями и дальновидными мерами.

Данная статья приводит обзор воздействий изменения климата относительно водных ресурсов, водоснабжения и управления сточными водами.

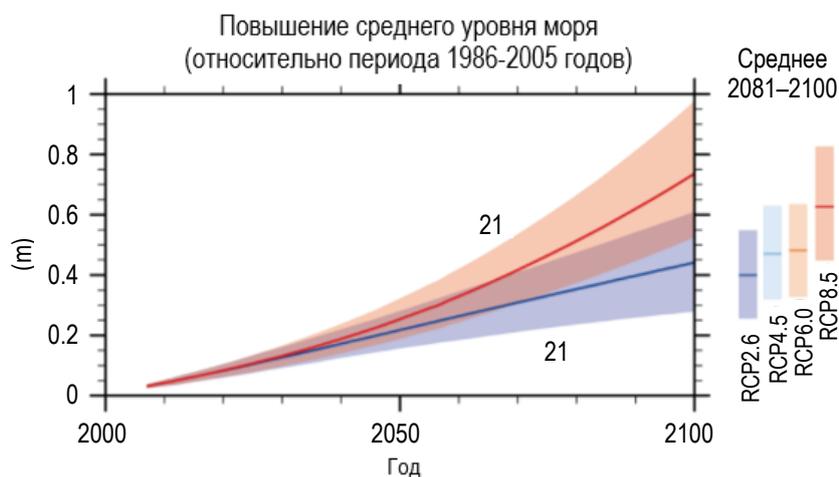
Четыре воздействия изменения климата, относящиеся к водному сектору. Повышение уровня моря, увеличение и в то же время снижения количества осадков, и повышение температуры – четыре основных воздействия (см. рисунок), которые могут повлиять на водные ресурсы, инфраструктуру водоснабжения и процесс очистки сточных вод.

Влияние повышения уровня моря. Во многих прибрежных районах Европы наблюдается повышение абсолютного уровня моря по сравнению с уровнем суши, но существуют значительные различия среди стран. Глобальный средний уровень моря поднялся на 19,5 см с 1901 по 2015 год, со средней скоростью 1,7 мм/год, но со значительными декадными изменениями. Скорость повышения уровня моря с 1993 года, измеренная с по-

мощью спутника, была выше, составляя около 3 мм/год. Средний уровень моря в 2015 году был самым высоким за год, что в свою очередь на ~ 70 мм выше, чем в 1993 году. Повышение среднего уровня моря в течение 21^{го} века, скорее всего, произойдет быстрее, чем в период 1971–2010 (ЕЕА, 2016).



а



б

Глобальное изменение температуры поверхности земли (а) и глобальное повышение уровня моря (б) с 2006 по 2100 гг., как это определено в мультимодельных симуляциях. Все изменения относятся к 1986–2005 годам (IPCC, 2014)

Увеличение уровня моря может сопутствовать возрастанию солёности в трубах подачи питьевых и отвода сточных вод в следствие утечек. Наиболее дорогостоящие повреждения могут возникнуть в следствие затопления очистных сооружений, которые не могут нарушать основные процессы во время наводнений, а также дорогостоящие потребности в замене оборудования. Адаптационные меры включают в себя перемещение объектов.

Увеличение количества осадков. Последние исследования прогнозирует увеличение количества осадков на 5–15 % при повышении температуры воздуха на каждый 1°C (Pfahl et al, 2017). Учитывая возможное повышение температуры на 2–4 градуса в ближайшие сто лет, это может быть значительным увеличением. В 2016 году, во всем мире насчитывается 384 наводнений, что демонстрирует значительное увеличение количества бедствий за последние 35 лет по сравнению с 58 в 1980 году. 200–400 мм дождя, которые наблюдались в течение нескольких часов на территории Европы привели к наводнению

с разрушительными последствиями. В целом, в большинстве регионов Европы наблюдается более частое возникновение дождей.

Увеличение количества осадков требует инфраструктуру, способную поглощать или транспортировать дождевую воду быстрее. Быстрая урбанизация привела к уменьшению проницаемой для воды площади земли и вследствие – наводнений, что усиливает влияние изменения климата. В большинстве европейских городов по-прежнему имеется 30–70 % канализационных коллекторов, так как большое количество осадков приводит к более частому переполнению резервуаров. Они приводят как к ущербу для инфраструктуры, так и к увеличению загрязнения средств транспортировки к потребителям.

Многие города начали внедрять устойчивые городские дренажные системы, такие как подходящие для осадков ландшафты, открытие подземных каналов, зеленые крыши и т.д. Несколько городов активизировали строительство отдельных канализационных сетей, а также расширение канализационных сетей, для возможности вывоза ливневых вод из городских районов. Однако, необходимый уровень инвестиций, слишком высок, чтобы города могли себе это позволить. Некоторые текущие исследования показали возможность более оптимального использования пропускной способности канализации с использованием метеорологических радиолокаторов, моделей, онлайн-наблюдения и контроля. Концепция основана на том факте, что большинство дождей локальны, таким образом, в то время как часть канализации перегружена, другие части могут иметь резерв. Использование имеющихся объемов может быть лучше, в случае соединения канализационных сетей между собой и возможности их дистанционного управления (Ratnaweera, 2015).

Воздействие на количество воды. Несмотря на то, что Европа не является засушливым континентом, дефицит воды становится все более частым и тревожным событием, которое затрагивает не менее 11 % европейского населения и 17 % территории ЕС. Начиная с 1980 года, число засух в Европе увеличилось, с последующим увеличением затрат, которые оценивают в 100 млрд. евро за последние 30 лет. Одна из худших засух произошла в 2003 году, она затронула треть территории ЕС и более 100 миллионов человек. В период с 1976 по 2006 год число людей и районов, пострадавших от засухи, возросло почти на 20 %, а средняя ежегодная стоимость увеличилась в четыре раза (EU, 2010). Кипр, Болгария, Бельгия, Испания, Италия и Мальта в настоящее время используют до 20 % или более от их долгосрочных поставок каждый год. Кипр, который пострадал от сильной засухи, потреблял более чем 40 % своих возобновляемых поставок. Использование воды в некоторых городах намного выше, чем в этих странах.

Несколько десятилетий назад была озвучена проблема, нацеленная на уменьшение количества потребляемой воды. Некоторые страны увеличили использование обессоливания, как метода очистки для получения питьевой воды, который становится все более доступным из-за использования мембран с низким энергопотреблением и рекуператоров энергии. Так же, повторное использование воды становится более популярным в Европе, но необходимо пройти долгий путь, чтобы достичь того, что смогли некоторые другие страны, например, Сингапур, который производит более 40 % необходимого количества питьевой воды из сточных вод.

Воздействие на качество воды. Несмотря на то, что количество патогенов в дождевой воде само по себе низко (или даже отсутствует), при увеличении количества дождевых осадков, с последующим стоком в земли, наблюдается увеличение микробиологического загрязнения первичных источников воды. Это связано с передвижением патогенных микроорганизмов в водном бассейне, сбросами из централизованных или децентрализованных систем сточных вод и наводнений. Относительное увеличение E-Coli бактерий может быть на несколько тысяч процентов (%) выше, в то же время как фекальный стрептококк может быть в несколько десятков тысяч процентов (%) выше. Увеличение количества осадков может привести к эрозии и поверхностному стоку питательных веществ, загрязнению сырой воды и возможности цветения водорослей. Если в ресурс забора воды происходит сброс загрязнителей (таких как токсины, пестициды, тяжелые металлы), то это может увеличить их транспорт в питьевую воду.

Последствием является увеличение риска для здоровья, связанный с питьевой водой. Для поддержания необходимого качества воды, коммунальным предприятиям придется увеличить мощность стадии дезинфекции. Увеличение мутности и количества взвешенных твердых веществ в сырой воде, также требуют увеличения процессов удаления частиц, поскольку они могут мешать в последующем процессе дезинфекции.

Северная Европа завысила прирост цвета в источниках сырой воды. Увеличение цвета подразумевает увеличение ПОВ (Природные органические вещества) и связано с изменением климата. ПОВ могут вступать в реакцию с хлором в процессе дезинфекции, генерируя канцерогенные тригалогенметаны, следовательно, процессы удаления ПОВ должны быть усилены.

Коррозия в водопроводных трубах является серьезной проблемой, которая требует огромных средств на реабилитацию. Даже небольшое повышение температуры воды может значительно увеличить вероятность коррозии, и благоприятно влиять на рост биопленки в трубах.

Воздействие на транспортировку сточных вод. 30–70 % канализационных коллекторов в Европе объединены в канализационные системы, что означает транспортировку ливневых и сточных вод по одним и тем же трубам. Даже небольшие осадки могут увеличить поступающий поток на станцию очистки сточных вод в 3–4 раза, тем самым снижая эффективность очистки. Изменение климата приводит к более частым дождям с гораздо более высокими амплитудами, тем самым увеличивая количество поступающей воды на СО, что усложняет процесс очистки. Таким образом, часть сточных вод будет сбрасываться в водоемы без очистки.

Увеличение пропускной способности СОСВ, которые смогли бы обрабатывать такое количество осадков является невыполнимой задачей. В настоящее время, СОСВ рассматривают более надежные и гибкие очистные сооружения, которые способны справляться с внезапными пиковыми потоками. Примерами являются процесс коагуляции, с возможностью вариации дозировки, а также процессы седиментации с очисткой разных объемов воды. Некоторые очистные сооружения начали строить дополнительные, более простые ступени очистки взвешенных частиц, для использования в период увеличения количества осадков. Целостный контроль и управление канализационными сетями и СОСВ сосредоточены на решении этих проблем.

Воздействие на процессы очистки сточных вод. При увеличении температуры воздуха наблюдается снижение температуры сточных вод во время холодных периодов. Повышенная температура воздуха увеличила количество дней с температурой выше 0°C, в то время, как более частое таяние снегов приводит к меньшим температурам и большим объемам. (Plosz и др, 2011). Разбавленные сточные воды могут создавать проблемы при достижении необходимых требований к процессу очистки в процентном соотношении. В целом, биологические процессы замедляются при более низких температурах. Так, например, скорость нитрификации будет снижена на 50 % на каждые 10 °C снижения температуры сточных вод. Рост флора также замедляется при более низких температурах.

Хоть увеличение объемов биологических процессов могло бы быть решением, но нехватка ресурсов и земли может быть препятствием. Исследователи работают над поиском специальных ферментов, которые могут увеличить биологическую активность до показателей сравнительных с летним периодом. Увеличение дозы коагулянта и использование полимеров в процессе коагуляции продемонстрировали хорошие результаты и являются успешным решением.

Стоимость адаптации. Первые глобальные оценки потенциальных затрат на адаптацию показали, что необходимо примерно \$9–11 млрд./год дополнительных инвестиций для адаптации к потенциальным изменениям в доступности водоснабжения в 2030 году (UNFCCC, 2007). Эта цифра находится в том же порядке, что и дополнительные инвестиции, необходимые для достижения Целей тысячелетия в области развития для обеспечения устойчивого доступа к безопасной питьевой воде и основным санитарным услугам. Однако, эти цифры, по-видимому, являются недооцененными, поскольку не учитывают такие

важные издержки, как управление повышенным риском наводнений, поддержание стандартов качества воды и поддержка экономических и экологических последствий. В то время, как решение этих проблем до 2030 года оценено в 640–800 млрд. долларов (PIED, 2009), в других источниках, в таких как репорт США, эта цифра достигает 950 миллиардов долларов инвестиций сроком до 2050 года (CH2M HILL, 2009).

Выводы. Результаты изменения климата имеют огромное значение в водном секторе, в следствии с повышенным риском для здоровья, окружающей среды, а также большие экономические затраты. В то время, как большинство специалистов водоподготовки и водоочистки работают над минимизацией всех возможных последствий, все же, не похоже на то, что все проблемы будут решены в ближайшем будущем. Звуковая среда, долгосрочное планирование, а также устойчивые политические обязательства будут необходимыми для минимизации негативных последствий, с которыми может столкнуться человечество в следствии изменения климата.

Список использованных источников

1 OECD (2013) Water and Climate Change Adaptation: Policies to Navigate Uncharted Waters, OECD Studies on Water, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264200449-en>.

2 UNFCCC (2007), Investment and Financial Flows to Address Climate Change, United Nations Framework Convention on Climate Change, Bonn, 270 pages.

3 IPIED (2009) Assessing the costs of adaptation to climate change A review of the UNFCCC and other recent estimates.

4 CH2M HILL (2009) Confronting Climate Change: Early Analysis of Water and Wastewater Adaptation costs.

5 WHO (2009) Vision 2030: The resilience of water supply and sanitation in the face of climate change.

6 EEA (2016) Global and European sea level rise.

7 S. Pfahl, P. A. O’Gorman, E. M. Fischer (2017). Understanding the regional pattern of projected future changes in extreme precipitation. Nature Climate Change, DOI: 10.1038/nclimate3287.

8 H. Ratnaweera (2015). Holistic Optimization of Sewers and Treatment Plants using Real Control, 11th Brussels IWA conference.

9 EU (2010). Water Scarcity and Drought in the European Union.

10 Plosz, B; Liltved, H; Ratnaweera, H; (2009): Climate change impacts on activated sludge wastewater treatment: a case study from Norway, Water Science & Technology, 60, 2, 533–541.

11 IPCC, (2014), Climate Change 2014 Synthesis Report, Fifth Assessment Report.

Z. Maletskyi, PhD
Norwegian University of Life Sciences, Norway

TOWARDS WATER – SMART CIRCULAR ECONOMY BUILDING A CASE IN ORGANIC FARMING

Being the most important shared resource across all supply chains, water remains the largest untapped waste. Current imbalance in water sector, together with often occurring scarcity, influences our economic, social and environmental goals. With current trends, global demand for water will exceed viable resources by 40 % by 2030 [1].

The European Commission suggest a high interest in maximising water reuse within Europe as an alternative source of water supply. Recognising that water scarcity and drought events will be more frequent in the future, utilising alternative freshwater supplies through targeted water reuse programmes can indeed be a viable option. Considering the benefits of this practice, reusing local water supplies should be an integral part of a circular economy since it increases water supply resilience against extreme events, offers opportunities to recover resources (water, but also energy, nutrients and heat from waste streams), releases water quality pressure on receiving streams [2].

With only 1 % of global agricultural land in organic production, and with its multiple sustainability benefits, organic agriculture can contribute a larger share in feeding the world. The recent studies show that comparing with conventional farming, organic farming is more profitable and environmentally friendly, delivers equally or more nutritious foods that contain less (or no) pesticide residues, providing greater ecosystem services and social benefits [3].

The World of Organic Agriculture Report [4] demonstrates fast growth of organic products market with the following trends:

- Consumer demand is increasing globally, reflected in the significant market growth up to 81.6 billion US dollars in 2015 and 11 % growth in the United States, the world's largest organic market.

- North America generates the most organic product sales together with Europe (90 %), where Germany is the largest market with 8 620 million euros of retail sales.

- At the same time, only 14 % of organic producers are located in Europe covering 25 % of world organic agriculture land, while Asian and Oceanian countries continue dominating.

Despite the dynamic market growth, current trends indicate that production in Europe is not moving at the same speed, which presents several challenges for the future development of organic in Europe. Thus, in contrast to the development of organic farms (+3%), the number of organic processors increased considerably in 2015 (+12%). This demonstrates that organic farmers in Europe lag behind the growth of the organic market, limiting loading of processing capacities and increasing cost of products due to long supply chains. There is a risk that the growing demand will be met by imports and European farmers and processors may not benefit [5].

In contrast to the global and European organic trends, East European countries such as Ukraine, being an EU-associated agrarian country with short supply chains to Europe, demonstrates enormous decrease of organic farming activities. Decrease of organic agricultural land in 2014–2015 was –2.4%, continuing negative trend since 2000, and there was no data about areas under conversion in 2015. At the same time, number of organic exporters decreased by –45% in 2015. Having a documented potential of lands for organic farming at 2 000 000 hectares, this country utilized only 410 550 hectares.

The reasons for such enormous incoherence can be figured out from the global barriers analysis in organic agriculture [3]:

- drawbacks in existing policies;
- lack of information and knowledge;

- weak infrastructure, inappropriate for certification requirements;
- misperceptions and cultural biases.

In practice, farmers have a strong misperception that organic farming is more demanding, while produces lower season yields compared with conventional agriculture and requires more land than conventional agriculture to yield the same amount of food.

Another example, is that in Eastern European countries small and medium farms do not aim at conversion to organic farming because of (i) limited water sources that can meet the requirements for irrigation in organic agriculture at affordable cost; (ii) unstable quantity and quality of yields due to low efficiency of open irrigation during drought events; (iii) season fluctuations affecting stability of supplies.

With these obstacles, it is important to focus on creating an enabling environment for innovative and more sustainable organic farming systems, targeting simultaneous performance improvement by Production, Environment, Economics and Wellbeing indicators. Such environment must engage scientists and farmers in research and development decision-making.

Current technological development creates favourable conditions for a circular economy oriented innovation, which can improve farmer knowledge and capacity through integration of use and recovery of water, resources and energy in organic farming. Such innovation can be co-created from 4 components:

I. Source-separated decentralized wastewater management, aiming to generate source streams for components II and III as well as decrease global greenhouse gas emission by excluding conventional wastewater transportation.

II. Grey wastewater treatment and reuse in drip irrigation, providing cost-efficient water source and effective drought-sustainable irrigation approach, securing products quality.

III. Black wastewater treatment and reuse for direct fertilization with simultaneous utilization of organic farming wastes.

IV. Recovery of wastewater heat and utilization in soil heating, enabling stable seasoning and increasing number of yields.

Literature sources

- 1 M. Stuchtey. Rethinking the water cycle. McKinsey, May 2015.
- 2 J. E. Drewes. The role of water in the circular economy. IWA Source, May 2016.
- 3 J. P. Reganold. Organic agriculture in the twenty-first century. Nature Plants, February 2016.
- 4 Willer, Helga and Julia Lenoud. The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2017. Research Institute of Organic Agriculture, February 2017.
- 5 Stolze, M. & Lampkin, N. Policy for organic farming: rationale and concepts. Food Policy 34, 237–244 (2009).

А. П. Станкевич
Центральный научно-исследовательский институт комплексного
использования водных ресурсов, г. Минск

ВОДНАЯ СТРАТЕГИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ НА ПЕРИОД ДО 2030 ГОДА

В 2010 году был разработан проект Водной стратегии Республики Беларусь на период до 2020 года и решением коллегии Минприроды 11.08.2011 № 72-Р она была утверждена. Водная стратегия послужила базовым документом при разработке новой редакции Водного кодекса Республики Беларусь и значительного количества технических кодексов установившейся практики в области мониторинга и управления водными ресурсами.

Вместе с тем, к настоящему времени, основные долгосрочные стратегические цели Водной стратегии уже выполнены или близки к выполнению. Следует отметить, что в Водной стратегии значительное внимание было уделено развитию водного законодательства путем его гармонизации с водным законодательством ЕС и внедрением бассейнового принципа управления водными ресурсами и вопросам охраны водных ресурсов. Все эти подходы реализованы в новой редакции Водного кодекса Республики Беларусь.

Исходя из вышеизложенного, представляется целесообразным разработка новой Водной стратегии Республики Беларусь на период до 2030 года. Период до 2030 года вытекает из принятия новой Национальной стратегии устойчивого развития на период до 2030 года. Также в соответствии с резолюцией Генеральной Ассамблеи ООН 70/1 «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» определены 14 Целей Устойчивого Развития до 2030 года. Цель № 6 Устойчивого Развития в области использования водных ресурсов – «Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех». Кроме того, значимым природным фактором, влияющим на водные ресурсы в последние годы, является влияние изменения климата. Исходя из вышесказанного, в текущем году проходит разработка проекта новой Водной стратегии Республики Беларусь в условиях изменения климата на период до 2030 года.

Главной стратегической целью новой Водной стратегии является достижение долгосрочной водной безопасности страны для ее нынешнего и будущих поколений.

В данной Стратегии под водной безопасностью понимается:

- надежное водоснабжение населения водой нормативного качества и безопасное отведение сточных и дождевых вод, при обеспечении финансовой доступности услуг водоснабжения и водоотведения;
- надежное водообеспечение отраслей экономики в требуемых объемах и сроках и безопасное отведение сточных вод при обеспечении их нормативной очистки;
- защищенность жизни и имущества населения и отраслей экономики от негативного воздействия вод;
- обеспечение хорошего экологического состояния водных объектов.

Для реализации цели Водной стратегии по обеспечению водной безопасности страны необходимо решение ряда долгосрочных стратегических задач, охватывающих отдельные направления по охране и использованию водных ресурсов. Цель 6 Устойчивого Развития ООН полностью соответствует цели новой Водной стратегии по обеспечению водной безопасности Беларуси. Соответственно задачи и индикаторы реализации для Цели 6 являются также задачами и индикаторами новой Водной стратегии. Базовыми показателями для индикаторов выступают данные за 2015–2016 годы.

Задача 1. К 2030 году обеспечить всеобщий и равноправный доступ к безопасной и недорогой питьевой воде для всех.

Индикатор 1.1: Доля населения, пользующегося услугами водоснабжения, организованного с соблюдением требований безопасности.

Достижение данного индикатора планового значения в 100 % к 2030 году лежит в сфере реформирования системы водоснабжения и водоотведения, совершенствования механизмов финансирования мероприятий по строительству и реконструкции объектов водоподдачи, водоподготовки и водоотведения, в первую очередь строительства станций обезжелезивания.

Задача 2. К 2030 году обеспечить доступ населения к надлежащим и справедливым услугам в области санитарии и канализации.

Индикатор 2.1: Доля населения, пользующегося услугами санитарии, организованной с соблюдением требований безопасности.

Решение данной задачи тесно примыкает к решению задачи 1 и лежит в сфере развития деятельности ЖКХ.

Задача 3. К 2030 году повысить качество природных вод посредством уменьшения загрязнения, и сведения к минимуму сбросов опасных химических веществ и материалов, сокращения вдвое доли неочищенных сточных вод и увеличения повторного использования

Индикатор 3.1 Доля отведенных сточных вод, очищенных на сооружениях очистки, в общем объеме нормативно очищенных на сооружениях очистки и недостаточно очищенных сточных вод.

Индикатор 3.2. Доля поверхностных водных объектов, которым присвоен «хороший» и выше экологический статус.

Решение данной задачи лежит в сфере разработки и реализации планов управления речными бассейнами, основу которых составляют планы мероприятий по достижению хорошего либо отличного статуса всех водных объектов, в том числе внедрение наилучших технических методов очистки сточных вод и мер по снижению диффузного загрязнения водных объектов, оптимизация водопользования на предприятиях.

Задача 4. повысить эффективность водопользования во всех отраслях экономики и обеспечить устойчивое водоснабжение населения пресной водой.

Индикатор 4.1. Дефицит водных ресурсов Добыча (изъятие) воды из природных источников за год на единицу валовой добавленной стоимости (ВДС).

Индикатор 4.2 Интенсивность использования запасов пресной воды водный стресс Степень эффективности использования водных ресурсов Интенсивность использования водных ресурсов (водный стресс).

Основным направлением повышения рационального использования водных ресурсов является экономическое стимулирование сокращения удельного водопотребления, непродуцируемых потерь воды и внедрения водосберегающих технологий, увеличение объемов повторного использования очищенных сточных вод, поверхностного стока и использования дренажных вод, снижение объемов использования питьевой воды на технологические нужды.

Задача 5. Внедрить комплексное управление водными ресурсами (КУВР) на всех уровнях, в том числе посредством трансграничного сотрудничества в соответствующих случаях.

Индикатор 5.1 Степень внедрения бассейнового управления (от 0 до 100).

Индикатор 5.2. Доля площади трансграничных водных бассейнов, в отношении которых имеется действующий механизм трансграничного сотрудничества.

Решение данной задачи лежит в сфере создания бассейновых советов и их активной работы по реализации планов управления речными бассейнами, подготовки и заключения соглашений по охране и использованию трансграничных вод со всеми соседними странами.

Задача 6. Обеспечить охрану и восстановление водных экосистем.

Индикатор 6.1 Процент изменения площади водных объектов.

Решение данной задачи связано с охраной и восстановлением водно-болотных угодий.

Водная стратегия является рамочным документом, в котором указаны основные пути решения поставленных задач. Стратегия позволит определить стратегические направления развития водной отрасли Беларуси и определить наиболее эффективные методы управления водными ресурсами, соответствующие передовой мировой практике, что позволит повысить вклад водноресурсного потенциала в экономику страны.

M. Worst, Engineer Dipl. Ing.
Managing director Technology Transfer Water unit,
Bavarian Environment Agency, Hof city

INTERNATIONAL EXCHANGE OF EXPERIENCE ON THE TOPIC OF WATER MANAGEMENT BY THE TECHNOLOGY TRANSFER WATER PROJECT

General. Improving the environment with the help of environmental and infrastructure programmes requires elevated public awareness for the issue, suitable legal framework conditions and the corresponding administrative organisations with an effective management apparatus on both the state and community level.

In light of the high demand for objective advising in water management from colleagues abroad, largely from transformational states in Central and Eastern Europe [1], the Bavarian State Ministry of the Environment and Consumer Protection (StMUV, in its German abbreviation) established the Technology Transfer Water (TTW) project office, headquartered at the Bavarian Environment Agency.

Bavaria has had partnership agreements and declarations of interest with many of these countries for decades now [2].

Water Management on State Level. In Bavaria, the State's Water Management Administration is responsible for all matters involving the management of water resources as well as the conservation of bodies of water and soil. With its three-tier structure, it is among the oldest administrations of its kind in the world, its history spanning back to the year 1830 [3]. Today, it falls under the authority of the StMUV, Europe's oldest environmental ministry (founded 1970).

The experts working here consider themselves to be "water advocates" and are extensively involved whenever water and bodies of water are in some way affected [4].

One integral component of this work, and an expression of the cemented principle of cooperation, is the consulting performed for municipalities to assist them in meeting their obligations in matters such as planning, operating and self-monitoring systems for water supply and sewage disposal.

Covering an area of 70,548 km², Bavaria is the largest federal state in Germany; its structures are decentralised due to topography and settlement, which represents a special challenge.

Project aim. TTW is a platform for international exchange of experience on the subject of water. Imparting the practical experience of the Bavarian Water Management Administration guarantees institutional aid in setting up functional environmental management and establishing appropriate environmental standards. The most important concerns are implementation of the Principles of Integrated Water Resources Management (IWRM) and action for sustainable development as laid out in Agenda 21 [5].

Conversely, Bavaria can profit from experience gained abroad and integrate that know-how into its own professional work.

Problem. The largest hindrance in resolving water management problems is not a lack of advanced technologies or financing, but rather general institutional conditions.

When it comes to sustainable water management, the structures developed in Germany over decades are held in high esteem on an international level. These include:

- clearly defined responsibilities,
- legal and functional guidelines, developed according to the principle of proportionality, largely in consensus with the participating associations (not top down),
- norms and standards laying out specifications according to the generally recognized principles of technology and the generally accepted state of the art,
- clear guidelines governing the relationship between municipalities and their citizens (including municipal code, cost allocation law, fee system),

- services ranging from advice on submitting applications and scoping procedures to short process times with the presumption of approval under certain conditions
- public participation not only in administrative procedures, but also in planning processes, for example, and
- certified professions specialising in water management, with comprehensive offers for initial and advanced training.

Poland is a prime example illustrating how a need for collaboration on a technical level progressed. With no other country in the TTW project has the exchange of experience been so intensive, and it continues to be carried out to this day.

At the beginning, queries were mainly aimed at ensuring the provision of essential services, such as water supply and sewage disposal (centralised and decentralised), focussing on the associated technical and administrative issues (e.g. operating form, fee system).

Then came the topic of “capacity building” (training and advanced training, with instruments set up for on-site training/neighbourhoods), followed by questions on flood control, warning services and ecological river works.

Current topics covered in the exchange of experience are energy efficiency, options for the generation of energy from water infrastructure, benchmarking, lake rehabilitation and water desludging.

Instruments for technology transfer. Bavaria offers colleagues in partner countries and regions project-flanking support in capacity development (CD) measures and exchange on technical topics with the objective of imparting the IWRM philosophy of good governance in the most illustrative manner possible. This support includes:

- consultation, also in situ;
- seminars in Bavaria;
- conference/presentation events in the partner countries;
- municipal water partnerships;
- internships in Bavaria, as well as;
- translation of professional literature.

In doing so, we rely on the support of a comprehensive water management network whose expertise is integrated into the exchange. The network especially includes municipalities and municipal associations (service), consultants (planning and construction works), associations and chambers (initial and advanced training), universities (research) and suppliers of comprehensive technical component solutions.



Figure 1 – IWRM seminar with Polish participants

The local partners needed are of particular importance. We have gained excellent experience with non-governmental organisations (NGOs) in long-term collaboration targeted at reaching as many potential multipliers as possible in various spheres of responsibility.

The following activities are of particular note:

IWRM seminars usually represent the first step toward in-depth collaboration. We use this seminar model to provide insights into the spheres of work of the various actors in water management, to dismantle mutual prejudices, to highlight the advantages of modern service administration and to promote interdisciplinary networks abroad [5].

Seminars on special topics in Bavaria. For water management topics in particular demand, TTW designs professional seminars tailored to the needs and desires of the specific group of participants. These seminars are often in conjunction with the preparation of specific investment projects. Examples of topics covered in these seminars in the past include sewage disposal (decentralised, municipal, industrial), sludge management, potable water hygiene, operator organisation / association formation, flood control, renaturalisation of water bodies and the certification of water management equipment.



Figure 2 – Seminar on sewage disposal with a group from Slovakia

Summer Academy of the Bavarian Environmental Administration. Since 2007, we have been offering a summer academy series once a year in collaboration with the University of Applied Sciences for Public Administration and Legal Affairs in Bavaria,

Hof. The series represents an expansion of the topics covered in the IWRM seminar. The two week educational programme covers water management as well as subjects like waste management, nature conservation, emissions control and development planning.

The first summer academy featured Portuguese as the working language and hosted participants from Brazil. The event has been held in Russian since 2008 with participants from countries of the former USSR.

Conferences / Presentations in partner countries. We support one- and multiple-day conferences on water management topics in cooperation with local organisations in partner countries.

One feature and particular concern in the mutual exchange of experience is to attain a well-balanced mix of local and German speakers, with their presentations coordinated in order to illuminate the respective circumstances and problems.



Figure 3 – Summer Academy with participants from UA / BY / RUS/ MD/ KZ

Special events / special topics. In 2005, we presented the model of on-site training using sewage treatment plant neighbourhoods, a model that has been tried and tested in Germany. After the operator association Eksploatatora [6] was identified as a suitable host organisation, it was possible to achieve a penetration of 50 % of Poland's surface area as early as 2008 with such neighbourhoods.



Figure 4 – Presentation event, Olsztyn/ PI

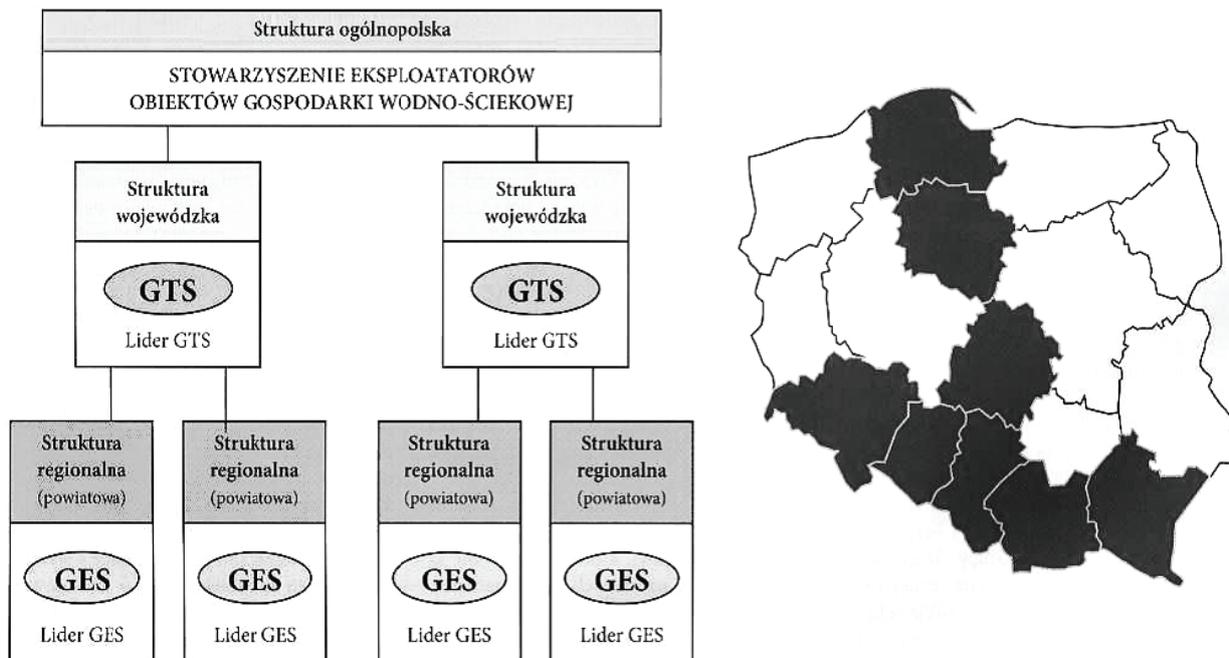


Figure 5 – Source <http://www.eksplotator.org>

In the past, TTW fostered this development through various activities. We recently supported the production of a Polish version of the Modular Wastewater Training System developed by the German Association for Water, Wastewater and Waste (DWA), which can be used to illustrate processes in sewage disposal.



Figure 6 – Handover of a copy at the 2012 Teacher Day in Grudzińsz/ PL

Summary. The importance of water as a resource in an increasingly technical world will continue to rise in light of the decline in natural bodies of water, loss in biodiversity, climate change, population growth, energy and food security, and globalisation. Given the transborder importance of water, sustainable water management cannot be isolated to the country level.

Environmental contamination, resource problems and equality aspects transcend national borders.

Bavaria's Technology Transfer Water project office embodies a platform offering partners a contact and information point for exchanging mutual experience in the field of water management.

Bibliography

1 <http://www.bpb.de/nachschlagen/lexika/lexikon-der-wirtschaft/20867/transformation-slaender>

2 <http://www.bayern.de/staatsregierung/europapolitik-und-regionale-beziehungen/regionale-beziehungen/>

3 Geschichtliche Entwicklung der Wasserwirtschaft und des Wasserbaus in Bayern [History of Water Management and Hydraulic Engineering in Bavaria] ISBN 3-930253-26-7 [https://www.bestellen.bayern.de/application/eshop_app000008?SID=772868282&ACTIONx=SETVAL\(artdtl.htm,APGxNR:lfw_was_10011,AARTxNR:lfw_was_00094,AKATxNAME:StMUG,USERxARTIKEL:suchergebnisse.htm,USERxPORTAL:FALSE\)=Z](https://www.bestellen.bayern.de/application/eshop_app000008?SID=772868282&ACTIONx=SETVAL(artdtl.htm,APGxNR:lfw_was_10011,AARTxNR:lfw_was_00094,AKATxNAME:StMUG,USERxARTIKEL:suchergebnisse.htm,USERxPORTAL:FALSE)=Z)

4 http://www.stmuv.bayern.de/themen/wasserwirtschaft/wasserwirtschaft_in_bayern/organisation.htm

5 Grambow (publ.), Nachhaltige Wasserbewirtschaftung – Konzept und Umsetzung eines vernünftigen Umgangs mit dem Gemeingut Wasser [Sustainable Water Management – concept and implementation of responsible water stewardship], Springer Vieweg, 2013

6 <http://www.eksplotator.org>

G. Etschel, R. Pietsch, Dipl. Geologist
Etschel Brunnenservice GmbH, Germany, Planegg

THE ETSCHEL JET MASTER® – A HIGH PRESSURE IMPULSE PROCESS (HPI-PROCESS®) FOR WATER WELL REHABILITATION AND WATER WELL DEVELOPMENT

The technology to create high pressure impulses by means of high water pressure for loosening of deposits in water wells, which clog the filter screens, the gravel pack and the borehole wall is described in the DVGW (German Water Certification Authority) Handbook Section W 130 as a high pressure impulse process (HPI-Process®). This HPI-Process®, which has been developed by Etschel Brunnenservice GmbH for more than a decade, has proven itself in over 8.500 water wells as a very successful method to rehabilitate old or develop new water wells very efficiently. In the following, the HPI-Process® powered by the Etschel JET Master®, will be described based on actual research and practical experiences.



Figure – Mobile unit for water well rehabilitation and water well development

Process Description. Using the HPI-Process® the potential energy (pressure) created by a high pressure pump is transformed into kinetic energy (water exit speed). The result is High Pressure Impulses.

High Pressure Impulses. The kinetic energy created by the nozzles leads to the counter directional rotation of the two jet nozzle bodies (each body with two separate nozzles) at about 7.000 rpm generated by recoil effect. The extreme water exit speed of 180 meter/second together with the jet power of the individual nozzles of about 190 kN lead to a sudden acceleration of the water (impulse) around the nozzles. This initialises high pressure impulses, which expand from the

surrounding well water through the filter screen and the gravel pack into the aquifer. The high energy input creates micro movements, which lead to the breaking up of deposits between the individual gravel particles. Since they start rotating.

Consequently, the efficiency of the HPI-Process® is based on the creation of a high flow velocity within the well water and the gravel filter layer by using the shearing power of the water to loosen any kind of deposits. The generated high pressure impulses travel in a more or less horizontal direction deep inside the water well.

On top of that the two counter rotating nozzle pairs, which are adjusted to the individual well diameter, almost completely separate the water into two water horizons. Due to the constant up and down movement of the entire aggregate at a speed between 0.1 to 0.3 meter/second during the rehabilitation or development process, a swab effect is generated, which further contributes to the cleaning of the well.

Official investigations and research have proven that the described swab effect along with the generated suction lead to a transport of the loosened deposits into the water well, while simultaneous pumping extracts the solids from the well.

Extraction of loosened deposits. To further increase the efficiency of the well cleaning process and to get hold of measurable data of loosened deposits, a submersible pump is installed, which continuously extracts the loosened particles together with the well water simultaneously to the HPI-Process® taking place. It is absolutely necessary to adjust the pump performance to the well characteristic, since in case of a low flow less perched water horizons will not be activated.

In addition to the swab effect, the pump generates a flow pattern from the aquifer through the gravel pack and the filter screen into the well. This – in combination with the positive shock wave impulse and the effective tractive force towards the well – leads to the flushing of the channels between the individual gravel particles. The higher the flow velocity towards the well, the higher cleaning effect can be observed. However the flow velocity should be controlled as such to avoid a change from laminar flow to turbulent flow.

Measurements. To control the progress and success of the HPI-Process® with the Etschel JET Master® and to determine the break up criteria, continuous measurements are necessary. Those are typically made by measuring the loosened and pumped out deposits in regular intervals (usually every 5–15 minutes). The measurement readings are recorded from the deposit settlement in Imhoff cones. As soon as the readings show a stabilisation at a very low level of the pumped out deposits, the process can be stopped.

Planning / Variables. To obtain best results, planning of the HPI-Process® is vitally important and should amongst other factors include:

- water pressure (up to 550 bar);
- vertical speed of hose winch;
- distance of nozzles to screen;
- type of nozzles (size of water outlet, dispersion angle);
- simultaneous pumping rate;
- since 2017: angle of nozzles to axis of well (patent-registered, brand name “Maxinoz”).

The art in operating the system is to adjust all variables to the material, diameter, depth and condition of the well. The aim is to maximize penetration without damaging the structural integrity. Etschel Brunnenservice can build upon the experience of rehabilitating more than 8.500 wells using the HPI-Process®.

TV inspections before and after the cleaning process are highly recommendable.

Third party and own scientific research. For a better understanding of the HPI-Process® and to obtain solid data for the technical improvement of the Etschel JET Master® itself, the following R&D projects have been executed since putting the JET Master® into operation back in 1993.

Own research. Tests in conjunction with a thesis at the Bergakademie Freiberg (SAAED, 1996), which as a result has led to further improvement of the HPI-Process® and an increase of the penetration depth beyond the filter screen.

In some cases we have extracted Bentonite and other drilling fluids from old wells which under normal circumstances should have been extracted when the well was developed. This serves as a proof that the created impulses reach even beyond the borehole wall. In such cases it often happened that the performance of the well exceeded the one after the final pump test of the newly drilled well.

Patent registered nozzle Maxinoz® (Patent Nr. 2 770 161)(2017). In 2017 a new version of the nozzle branded Maxinoz® was patented and released. It features two pairs of nozzles with adjustable angles relative to the well material. This results in a deeper penetration depth and the creation of hydraulic rollers for a heightened backwashing effect of the loosened deposits. The quantity of the extracted materials rises significantly compared to the previous system Uninoz with a fixed angle of 90°.

First results were published in German professional publications:

- Rehabilitation at “Waldwasser”: increase in efficiency by 229 % (gwf 04/2017).
- Rehabilitation Public Services Karlsruhe: average increase in efficiency by 152.5 % in 10 rehabilitated wells (ewp 05/2017).
- Well development “Landeswasserversorgung Baden-Württemberg”: in average 9.7 times heightened amount of extracted sand compared to the previous system “Uninoz” (bbr 09/2017).

Third party research. In conjunction with an updated edition of the DVGW (German Water Certifying Authority) handbook section W 130 (Water Well Rehabilitation Techniques), which should take into consideration the state of the art rehabilitation techniques, an official research program was initiated by the DVGW in the year 2000. The goal was to compare the various mechanical rehabilitation techniques and verify their efficiency by determining their penetration capabilities beyond the filter screens into the gravel pack. The investigations were carried out at the Dresdner Grundwasserforschungszentrum e.V. (Dresdner Groundwater Research Centre) on real well models.

The results have been finalised in 2003 and were published in the DVGW Research edition W 55/99, in which the HPI-Process® has achieved best results compared to other rehab methods. The HPI-Process® was the only system to simultaneously perform loosening (breaking up of deposits), transport of loosened deposits and also its measurement / monitoring.

A further test of the actual efficiency of the HPI-Process with the Etschel JETMaster® was carried out by the Dutch Water Certifying Authority (KIWA WATER RESEARCH). This test shows the efficiency of the JET Master® during well development in sandy aquifer without gravel pack using Johnson screens.

Etschel JET Master® System Technology. For the majority of applications (wells up to 1000 mm diameter and until 400 m depth), the entire equipment is installed on a three axle four wheel truck configured by our own factory.

The high water pressure is generated by a plunger pump. The flow can be regulated between 100 and 200 l/min (6 to 10.2 m³/hour). The pump pressure can be regulated in range between 100 and 560 bar according to the requirement. The Truck is completely equipped with its own power supply, a compressor, various nozzle configurations, distance holders, control instruments, high pressure hoses, riser pipes, various pumps, hydraulic accessories and data recorders. To operate the Etschel JET Master®, external water must be made available on site.

Applications. The applications of the Etschel JET Master® are variable. The HPI-Process® is mainly used for water well rehabilitation of vertical water wells, pump shafts, horizontal water wells, infiltration wells, observation wells and similar applications, but also for the development of new water wells and de-sanding. In a relatively short period of time – compared to other rehabilitation technologies – most particles (e.g. sand, loosened deposits, sludge, sintered materials) are removed from the well and the sump.

Because of the flexible adjustment of the aforementioned parameters, the EtschelJET Master® can work in all known filter screen materials. Even in very old wells the HPI-Process® has proven to do a successful job.

It is vitally important for many water well operators to have a minimal break down time of the well production for a rehabilitation. In many areas, it is almost impossible to take the well off

the supply network for a longer time. In most cases the Etschel JET Master® does not need more than one or two days to rehabilitate a well successfully. Including the pulling and installation of a pump and a TV inspection of the well before and after applying the HPI-Process®, the total time consumption in conjunction with wells up to 200 m depth does not exceed four to five days. Deeper wells may take longer.

It is only natural that in some cases the rehabilitation makes visible eventual damages (e.g. corrosion, mechanical damages) of the water well construction or the filter screen itself. In such cases the water well rehabilitation can serve as an indicator of preventive maintenance, giving the operator a clear proof that a sanitation of the well may be highly recommendable. This can save a lot of costs versus the costly and time consuming possibility to have a new well drilled.

Monitoring. At the beginning of the HPI-Process®, a great amount of sludge extraction can be observed, which is caused by cleaning the casing and the filter screens including the slot openings.

After a while, the extracted sand concentration increases since due to its higher mass and the fact of often being incrustated in ironoxides inside the gravel pack, sand requires a longer time to be “mobilized” by the HPI-Process®.

After continuously applying the process, the sand and sludge transport falls pretty steady. By increasing the pump capacity in the next step, one can observe another increase of sludge and sand extraction from the well.

Finally, when the extracted particles reach a stabilized level of no more than 0 to 0.5 ml per ten liters, this serves as an indicator that the HPI-Process® can be stopped.

Thereafter, another specially designed pump is installed and lowered into the bottom of the well to finally clean the sump of deposits which have sunk during the process and before. The extracted amount of deposits is also measured and will be shown in the extraction graph.

Water well maintenance. In a best case scenario, the Etschel JET Master® using the HPI-Process® should not be a one off single approach towards proper well maintenance. A water well is a costly building, which under normal circumstances should be monitored in regular intervals by the owner. Relatively little effort can save lot of costs in the long run. Elements of a proper water well maintenance scheme should include:

Regular Eye Observation of (every month):

- the pump house and well shaft;
- the hydraulic and electrical installations in the well shaft.

Judgement of the water well itself by (interval to be determined):

- TV inspections;
- control of the pump and its riser pipe;
- Geophysical measurements;
- Assessment of the hydraulic and chemical parameters by pump tests / by water analysis.

Assessment of the well performance (weekly or monthly) by:

- measurement of the still water level (pump is off);
- measurement of the draw down water level (pump is on);
- measurement of the running times of the pump;
- measurement of the sand content and other materials (gas, sand etc.) in the pumped water.

The records of this data should be filed and serve as an indicator that a rehabilitation as part of preventive maintenance may be adequate once a significant deviation from the new condition is observed.

The DVGW handbook W 130 recommends that a rehabilitation is an urgent need and can achieve best results if the well has not lost more than 10 % to 20 % of its original productivity.

Conclusion. The HPI-Process® powered by the Etschel Jet Master® is a proven and chemical free technology to mechanically rehabilitate old wells or develop new wells after the borehole has been drilled. So far, over 8.500 wells were rehabilitated and several hundred developed by Etschel Brunnenservice GmbH.

In most cases this process makes a chemical treatment unnecessary. Its state of the art technology stands for a time and cost saving solution with highest cleaning and solid extraction

performance. It guarantees the necessary penetration depth beyond filter screen and gravel pack and is adjustable to all well materials. In addition, the creation of positive cavitation leads to disinfection of the well already during the rehabilitation and contributes to a slow-down of bacteria growth.

To gain impressions of the technology various videos are available: <https://www.youtube.com/user/Etschel1>

Etschel Brunnenservice GmbH also manufactures individually customisable JET Master units either truck or container mounted.

Literature sources

1 Etschel C. & Schmidt M. (2001): Das Druckwellenimpulsverfahren für die Regenerierung und Entwicklung von Brunnen. – bbr, Ausgabe 4/2001, R. Müller Verlag, Köln.

2 Dresdner Grundwasserforschungszentrum e.V., DVGW-Forschungsvorhaben „W55/99“, Untersuchung zur Bewertung von Gerätetechnik auf die Wirksamkeit in der Kiesschüttung, Ergebnisbericht, Juli 2003 – DGFZ e.V., Dresden

3 DVGW Technische Regel Arbeitsblatt W 130 Brunnenregenerierung, Mai 2007 – DVGW, Bonn

4 Pietsch, R. & Etschel, G. (2016): Überdurchschnittliche Leistungssteigerung eines Brunnen durch chemiefreie Regenerierung – gwf-Wasser/Abwasser, Ausgabe 04/2017, DIV Deutscher Industrieverlag GmbH, München

5 Etschel, G. (2016): Regenerierungsergebnisse im Druckwellenimpulsverfahren mit Wasserhochdruck durch ein neu entwickeltes Düsenrotationssystem – energie wasser-praxis, Ausgabe 5/2017, wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn

6 Etschel, G. (2016): Brunnenentwicklung mit neu entwickeltem Düsenrotationsaggregat – bbr, Ausgabe 9/2017, R. Müller Verlag, Köln

Е. Д. Жапаркулова, проф., канд. сел.-хоз. наук, К. Е. Калиева, докторант.
КазНАУ, г. Алматы

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА

В условиях нехватки водных ресурсов, когда лимиты вододачи не покрывают дефицит водопотребления сельскохозяйственных культур, водообеспеченность орошаемых земель можно повышать за счет интенсификации сельскохозяйственного производства и совместного использования поверхностных и подземных вод. При этом эффективность этого приема повышается путем внедрения ресурсосберегающей технологии орошения, предусматривающей своевременное проведение технологических операций (работа дренажа, сроки поливов, размеры поливных норм, обработка почвы, внесение удобрений и т.д.) с учетом лимитов воды и складывающейся агрометеорологической обстановки.

В основу ресурсосбережения положены принципы рационального использования поверхностных и подземных вод, максимально возможного снижения потерь оросительных вод на инфильтрацию, и физическое испарение, замедления темпов разрушения органических веществ и структуры почвы, вовлечения питательных элементов в геологический круговорот и т.д. Строгое соблюдение последовательности технологических операций на всех этапах развития растений снизит затраты воды на получение единицы продукции, повысит водообеспеченность орошаемых земель, особенно в маловодные годы, обеспечит оптимизацию мелиоративного режима почв.

Устойчивость развития орошаемого земледелия зависит не только от наличия поверхностных вод но и объемов использования подземных вод на субиригацию и орошение. В условиях Казахстана, где ежегодно возрастает забор поверхностных вод на нужды промышленности и коммунальное хозяйство населенных пунктов, а сток крупнейших рек (Сырдарья, Или, Шу, Талас), которые формируются в сопредельных государствах, сокращается, проблему нехватки воды можно решать и за счет повышения коэффициента использования подземных и поверхностных вод, особенно паводкового и зимнего стока. При этом эффективность использования водных ресурсов в значительной мере зависит от типа дренажа и его работоспособности.

В частности на фоне горизонтального дренажа, глубина заложения которого, как правило, изменяется от 2 до 3,5 м, пределы колебания уровня режима грунтовых вод не превысят 1,5–2,0 м, т.е. запасы грунтовых вод можно повышать на 1,8–2,4 тыс. м³/га. Однако объемы их использования на субиригацию и орошение определяются скоростью их сработки. В таких случаях водообеспеченность орошаемых земель можно повышать за счет субиригации путем устройства подпорных сооружений (шлюзов-регуляторов). С момента работы подпорных сооружений коллекторно-дренажная сеть заполняется водой, что приводит к изменению её функции: вместо водопонижения формируется подпитка грунтовых вод. Подпорные сооружения целесообразно использовать в конце первого и начале второго полугодия (июль, август), когда резко повышается водопотребление сельскохозяйственных культур. В остальные периоды года коллекторно-дренажная сеть должна работать в свободном режиме и обеспечивать водопонижение. Данная технология управления потоком дренажно-сбросных вод высокотехнологична, не нарушает последовательность выполнения технологических операций по выращиванию сельхозкультур, снижает потери почвенной влаги на испарение, повышает водообеспеченность за счет субиригации и орошения.

Опыт длительного применения подпорных сооружений показал, что первый вариант является наиболее эффективным. Однако в психологическом плане сельхозпроизводители

предпочтение отдавали второму варианту, так как в период нехватки воды они не могли смириться с тем, что коллекторно-дренажная сеть заполнена водой, а её невозможно использовать на орошение. По этой причине глубина заполнения коллекторно-дренажной сети водой предопределялась режимом забора воды на орошение. Частая смена способов использования дренажно-сбросных вод на орошение и субиригацию приводила к значительному колебанию горизонта воды, формированию суффозии грунта, заплыванию коллекторно-дренажной сети, особенно в зонах неустойчивых грунтов. В таких случаях устойчивость дрен и коллекторов можно повышать путем снижения амплитуды колебания горизонта воды в коллекторно-дренажной сети. Однако пределы возможного регулирования уровнем режимом грунтовых вод являются весьма ограниченными, так как работоспособность дренажа зависит не только от фильтрационных свойств грунтов но и величины напора, т.е. превышения уровня грунтовых вод над дренажной.

На фоне вертикального дренажа, где коэффициенты проводимости водоносных горизонтов превышали $400 \text{ м}^2/\text{сутки}$, а дебит скважин изменялся в пределах $20\text{--}60 \text{ л/сек}$, глубина сработки грунтовых вод возрастала до $4\text{--}5 \text{ м}$ [1]. При такой амплитуде колебания уровня грунтовых вод размеры их использования на субиригацию и орошение возрастали до $3,5 \text{ тыс. м}^3/\text{га}$. Кроме того вертикальный дренаж снижал пьезометрические напоры, усиливал солеотдачу почв при кратковременных остановках скважин, т.е. создавал эффект «прополаскивания» засоленных горизонтов поверхностными и грунтовыми водами [2].

Высокая эффективность вертикального дренажа подтверждается опытом его эксплуатации в зоне Арысь-Туркестанского канала, где одновременно решали две задачи: управляли уровнем режимом грунтовых вод и повышали водообеспеченность орошаемых земель за счет извлечения подземных вод на орошение. Объемы использования грунтовых вод на субиригацию и орошение зависят от глубины их сработки и восстановления в невегетационный период, т.е. путем создания подземных водохранилищ в период осуществления влагозарядковых поливов профилактических промывок, которые проводятся паводковыми водами [3]. На целесообразность применения данного варианта указывает стабильность минерализация коллекторно-дренажных вод (таблице 1).

Таблица 1 – Минерализация коллекторно-дренажных вод, г/л

| Место отбора проб (бывшие хлопкосовхозы) | Годы | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1972–1974 | 1993–1995 | 2000–2002 | 2005–2007 | 2010–2015 |
| Тимирязева К-1-1 | 6,0–8,0 | 5,0–6,0 | 2,3–2,8 | 1,4–1,9 | 1,3–1,8 |
| Исаханова К-1-2 | 6,5–8,5 | 5,0–6,5 | 2,5–3,0 | 1,5–2,0 | 1,4–1,9 |
| К-1-3 | 7,0–9,0 | 6,0–7,5 | 2,5–3,0 | 1,5–2,0 | 1,4–1,9 |
| Икан К-5-1 | – | 1,5–2,0 | 1,3–1,8 | 1,0–1,4 | 1,0–1,4 |

Возможности внутрисистемного использования дренажно-сбросных вод для повышения водообеспеченности орошаемых земель подтверждается данными химических анализов (таблице 2).

Мониторинг химического состава дренажно-сбросных вод, выполненный Южно-Казахстанской гидрогеолого-мелиоративной экспедицией указывает на то, что в большинстве случаев они могут использоваться на орошение без разбавления оросительной водой [1]. Например, расчеты, выполненные по формуле Антипова-Каратаева показали, что только в двух случаях из двенадцати (Отырарский район) использование дренажных вод без разбавления может привести к ухудшению мелиоративного состояния орошаемых земель. Оценка качества дренажно-сбросных вод, осуществленная по натриево-адсорбционному коэффициенту (SAR), показала, что только в одном случае из двенадцати возможно вторичное засоление почв.

Таблица 2 – Ирригационные свойства дренажно-сбросных вод (ЮКГГМЭ)

| № п/п | Водоисточники | Дата отбора проб | Ирригационные свойства | | | Качество воды | | | Пригодная для повторного использования |
|----------------------|----------------|------------------|---|---|---------------------------|-----------------------|----------|-----------------|--|
| | | | Антипова-Карагаева $K = \frac{Ca+Mg}{Na+0,23 C}$ | SAR = $\frac{Na}{\sqrt{Ca + Mg}}$ 2 | по Приклонскому г/л >6 | по Антипова-Карагаева | по SAR | по Приклонскому | |
| | | | | | | | | | |
| Ордабасинский район | | | | | | | | | |
| 1 | К-1 | 15.06.15 | 1,0 | 7,2 | 3,6 | удовл. | Удовлет. | Неудовл. | Пригодна |
| 2 | К-1-1 | 15.06.15 | 0,9 | 7,9 | 3,5 | удовл. | Удовлет. | Неудовл. | Пригодна |
| Мактааральский район | | | | | | | | | |
| 3 | Кол. Северный | 11.09.15 | 5,3 | 0,9 | 10,8 | удовлет. | Удовлет. | Удовл. | Пригодна |
| 4 | Арнасай | 6.09.15 | 3,7 | 1,3 | 9,8 | удовлет. | Удовлет. | Удовл. | Пригодна |
| Шардаринский район | | | | | | | | | |
| 6 | К-1 | 18.06.15 | 1,3 | 5,5 | 4,2 | удов. | Удовлет. | Неудовл. | Пригодна |
| 7 | К-4 | 17.07.15 | 2,0 | 2,6 | 12,4 | удов. | Удовлет. | Удовл. | Пригодна |
| Отырарский район | | | | | | | | | |
| 8 | Сброс Шаульдер | 22.06.15 | 0,9 | 8,1 | 2,8 | неудов. | Удовл. | Неудовл. | Непригодна |
| 9 | Кол. Шаульдер | 20.04.15 | 0,7 | 14,1 | 0,9 | неудов. | Неудовл. | Неудовл. | Непригодна |
| Туркестанский район | | | | | | | | | |
| 10 | К-4 | 19.06.15 | 1,8 | 2,1 | 31,2 | удовлет. | Удовлет. | Хорошие | пригодна |
| 11 | К-5 | 19.06.15 | 2,1 | 2,8 | 11,0 | удов. | Удовлет. | Удовл. | Пригодна |
| Келесский район | | | | | | | | | |
| 11 | ГД-16 | 21.06.15 | 1,6 | 4,6 | 7,9 | удовлет. | Удовлет. | Удовл. | Пригодна |
| 12 | ГД-17 | 21.06.15 | 1,2 | 5,0 | 7,0 | удовлет. | Удовлет. | Удовл. | Пригодна |

Сравнительный анализ качества дренажно-сбросных вод по трем зависимостям показал, что только в одном случае три метода указали на неудовлетворительное их качество, а в остальных случаях они находились в зоне перехода от удовлетворительного до неудовлетворительного качества. Возможности использования дренажно-сбросных вод на орошение и субиригацию подтверждаются опытом освоения Арысь-Туркестанской ирригационной системы, где в первые годы работы коллекторно-дренажной сети, когда глубинные горизонты почвогрунтов зоны аэрации содержали около 1–2 % солей, а минерализация грунтовых вод колебалась в пределах 5...10 г/л, формировался максимальный уровень засоления (6–9 г/л) коллекторно-дренажных вод (таблица 2). По мере опреснения зоны аэрации, засоленность инфильтрационных вод снижалась, что свидетельствовало о рассолении первоначально поверхностных, а затем и глубинных слоев водоносной толщи покровных отложений. Значительное снижение засоленности дренажно-коллекторных вод указывает на окончание мелиоративного периода, так как минерализация грунтовых вод (главного объекта мелиорации), которые выклиниваются в коллекторно-дренажную сеть, снизилась до 2–3 г/л. При таком уровне рассоления грунтовых вод темпы сезонного соленакопления замедляются до максимальных пределов и легко ликвидируются влагозарядковыми поливами.

Стабильность качества почв и откачиваемых вод на орошение, а также способность вертикального дренажа поддерживать горизонты грунтовой воды на любой глубине, определяют методы создания подземных водохранилищ на ирригационных системах [4, 5]. В условиях южного Казахстана, где водообеспеченность орошаемых земель устойчиво снижается, проблему заполнения подземных водохранилищ и рационального их использования на орошение (путем откачки скважинами вертикального дренажа) и субиригацию (путем поддержания уровня грунтовых вод на глубине доступной для растений) можно решать за счет использования паводковых вод на влагозарядку и профилактические промывки. Исследованиями установлено, что в зоне Арысь-Туркестанского канала ежегодные объемы накопления поверхностного стока в подземных водохранилищах, в которых отсутствуют потери на физическое испарение, колеблются в широких пределах (180–250 млн. м³ или 2,2–3,2 тыс. м³/га) и зависят преимущественно от глубины сработки уровня грунтовых вод в течении вегетационного периода и размеров водозабора в ирригационные системы. Характерной особенностью формирования эксплуатационных запасов (извлекаемых вертикальным дренажем) подземных вод на орошаемой территории является наличие корреляционной связи между массой воды, поданной на орошение, и емкостными запасами водоносных комплексов, которые играют роль подземных водохранилищ.

При дефиците водных ресурсов и рыночных взаимоотношениях, когда эффективность сельхозпроизводства всецело зависит от продуктивности орошаемых земель и их водообеспеченности, восстановление существующих или строительство новых скважин вертикального дренажа, для получения дополнительных источников орошения, повысит доходы товаропроизводителя, за счет роста урожайности возделываемых культур. В таких случаях объемы откачек подземных вод на орошение должны устанавливаться с учетом покрытия дефицита в оросительной воде, особенно в маловодные годы, когда резко сокращается водоподача, а интенсивность откачки подземных вод на орошение регламентируется динамическими запасами, которые формировались преимущественно за счет фильтрационных потерь в оросительной сети и полях орошения.

Опыт эксплуатации вертикального дренажа который устойчиво работал в конце двадцатого столетия показал, что стабильность водоснабжения растений обеспечивалась за счет оптимизации режима работы дренажных систем. В многоводные годы, когда водозабор (за гидрологический год) в Арысь-Туркестанскую оросительную систему превышал 600 млн. м³, водопотребление сельскохозяйственных культур обеспечивалось преимущественно за счет поверхностных вод и субиригации, а режим работы скважин вертикального дренажа определялся тем объемом откачки подземных вод, который обеспечивал поддержание уровня грунтовых вод на глубине 1,5–2,5 м. В маловодные, особенно засушливые годы, когда резко возрастало водопотребление, а водоподача сокращалась, система вертикального дренажа работала с полной нагрузкой на орошение, что обеспечивало сработку уровня грунтовых вод до 4–5 м. В последующие годы восстановление динамических запасов

подземных вод осуществлялось за счет увеличения водоподачи, размеров влагозарядковых поливов и сокращения откачки подземных вод. В течение многолетнего периода водоподача соответствовала суммарному дефициту водопотребления на орошаемых землях, так как вертикальный дренаж обеспечивал лишь перераспределение водных ресурсов по массиву и между годами, а не являлся дополнительным источником получения водных ресурсов.

В целях улучшения водообеспеченности орошаемых земель и получения максимального объема дренажных вод на орошение в периоды острого дефицита оросительной воды, ориентировались на следующий режим работы скважин вертикального дренажа. Ранней весной (апрель), когда повсеместно проводились влагозарядковые поливы и наблюдался интенсивный приток подземных вод с окаймляющих гор Каратау, запускали в работу скважины вертикального дренажа, расположенные в нижней части контуров орошения. В середине мая, когда усиливались процессы вторичного засоления почв, вследствие увеличения расхода грунтовых вод на эвапотранспирацию, включали в работу скважины, расположенные в центральной зоне, а с начала июня – в приканальной зоне.

Приведенная схема запуска и режима работы скважин вертикального дренажа обеспечивала стабилизацию мелиоративной обстановки на орошаемых землях и наиболее целесообразный забор подземных вод на орошение, снижалась актуальность проблемы борьбы с инфильтрационными потерями, за счет которых формировались эксплуатационные запасы подземных вод, поскольку последние, извлекаясь через вертикальный дренаж, вновь направлялись на полив. При этом в значительной степени облегчалось управление водными ресурсами в многолетнем плане и повышалась водообеспеченность орошаемых земель на 15–25 % при сохранении среднегодовых объемов водоподачи в пределах 550–650 млн. м³.

Экспериментальные исследования и опыт длительной эксплуатации скважин вертикального дренажа в зоне АТК показали, что использование дренажных вод (откачиваемых скважинами вертикального дренажа) на орошение не только повышало водообеспеченность орошаемых земель, но и обеспечивало формирование отрицательного солевого баланса в зоне аэрации за счет смещения солевых масс в глубинные горизонты водоносной толщи и их отвода преимущественно подземным оттоком. В данном случае обеспечивалась природно-антропогенная совместимость мелиоративной деятельности в пределах предгорных ландшафтов. Однако в последние годы, когда перестала работать система скважин вертикального дренажа, хозяйственная деятельность вступила в противоречие с закономерностями функционирования природных комплексов, поэтому мелиоративный агроландшафт начал разрушаться вследствие подъема уровня грунтовых вод и засоления почв.

Таким образом, проблема устойчивого развития орошаемого земледелия всецело зависит от надежности работы оросительной и дренажной сети. Дренаж не только поддерживает уровень грунтовых вод на определенной глубине, но и обеспечивает регулирование водно-солевого режима почв. Поэтому выход из строя вертикального дренажа в Махтааральском районе, где почвогрунты и водоносные горизонты засолены, привел к деградации (засолению, осолонцеванию) орошаемых земель. Для повышения продуктивности орошаемых земель потребуются время и значительные затраты на восстановление работоспособности вертикального дренажа или нового строительства. Синхронизация работы дренажных систем и технологии орошения обеспечит снижение суммарного расхода оросительной воды, непродуктивных потерь удобрений, накопление солей в почве и ухудшение её структуры.

Список использованных источников

- 1 Отчет о мелиоративном состоянии орошаемых земель Южно-Казахстанской области за 2015 год. – Шымкент, 2016 г. – 76 с.
- 2 Бронуицкий В.Е. Горизонтальный и вертикальный дренаж в старой зоне голодной степи. Гидротехника и мелиорация, 1962, № 9, – С. 12–20.
- 3 Панкратов П.А. Гидрогеологическое обоснование ирригационно-мелиоративных мероприятий в Таджикистане, Душанбе, 1969, – 120 с.
- 4 Панкратов П.А., Керзум П.А. Рациональное использование земельно-водных ресурсов. Хлопководство, 1974, № 4, – С. 39–42.
- 5 Духовный В.А. Совершенствование дренажных систем и их эксплуатации. Гидротехника и мелиорация, 1985, № 11, – С. 39–42.

М.М.Черепанский¹, О.А. Каримова², Н.М.Томина³¹Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе, г. Москва²Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидроспецгеология», г. Москва³Институт природопользования НАН Республики Беларусь, г. Минск

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ВОДНОГО БАЛАНСА И ИХ РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ ВОДНОГО РЕЖИМА ТРАНСГРАНИЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИЯ-БЕЛАРУСЬ

Роль подземных вод в формировании водного баланса и естественных ресурсов крупных артезианских бассейнов на трансграничных территориях обычно оценивается путем анализа пространственных изменений соотношения величин подземного стока, атмосферных осадков и общего речного стока.

Согласно многочисленным публикациям, посвященным оценке роли природных факторов на формирование подземного стока [1–3], их можно подразделить на три группы: 1) метеорологические, 2) геолого-гидрогеологические и 3) геоморфологические. Сочетание климатических и геологических факторов, а также геоморфологических и гидрогеологических факторов определяет величину подземного стока и характер его распределения по площади. Более точная оценка влияния тех или иных факторов на условия формирования подземного стока может быть установлена лишь при детальном изучении конкретного региона.

Исследование водного баланса позволяет выявить общие закономерности формирования водного режима территории, количественно оценить каждый элемент водного баланса и охарактеризовать роль каждого из них в общем водном балансе и водных ресурсах территории. Основными элементами водного баланса территории являются осадки, испарение, речной сток и подземный сток. Рассмотрим роль каждого из элементов в отдельности.

Природно-климатические и гидрологические условия бассейна р. Днепр. Река Днепр, являясь типичным трансграничным потоком, протекает по территории трех государств (Российской Федерации, Республике Беларусь и Украины) и является четвертой по длине (2200 км) и третьей по площади (511000 км²) рекой Европы после Волги, Дуная и Урала (рисунок 1).

Следует отметить, что длина Днепра в естественном состоянии составляла 2285 км, однако после строительства каскада водохранилищ, во многих местах выпрямили русло реки: в пределах Украины – это 1121 км, в пределах Белоруссии – 595 км (115 км находятся на пограничной территории Белоруссии и Украины), в пределах России – 485 км [4, 5].

Российская часть бассейна р. Днепр включает в себя частично территории шести субъектов Российской Федерации: Смоленская, Брянская, Курская, Калужская, Орловская и Белгородская области; и в пределах двух физико-географических зон: лесной и лесостепной. В пределах указанных выше областей берут начало собственно р. Днепр и его притоки – рр. Сож, Десна, Сейм, Псёл, Ворскла. Большая часть территории дренируется р. Днепр.

Днепр берёт начало в небольшом болоте Мшара (урочища Аксенинский мох) на южном склоне Валдайской возвышенности, у села Бочарово Сычёвского района Смоленской области. В верховьях от истока до города Дорогобужа (Смоленская область) река протекает в низменных, частично заболоченных и покрытых преимущественно сосновыми, местами березовыми или еловыми лесами берегах; ниже до города Шкалова – среди холмистой местности, где долина реки узкая (0,5–1 км), пойма местами отсутствует [4].

Водный режим Днепра определяется хорошо выраженным весенним половодьем, низкой летней меженью с периодическими летними паводками, регулярным осенним повышением уровня воды и зимней меженью. Верхняя часть бассейна Днепра расположена в районе чрезмерного и достаточного увлажнения (лесная зона). Питание Днепра смешанное. В верхней части бассейна преобладает снеговое питание (около 50 %), на дождевое

и подземное приходится соответственно 20 и 30 %. Около 80 % годового стока Днепра формируется в верхней части бассейна, где выпадает много осадков, а испарение маленькое. В частности, верхний Днепр с Березиной и Сожем даёт 35 % годовой массы воды, Припять – 26 % и Десна – 21 %.



Рисунок 1 – Бассейн р. Днепр

Климат северной и южной частей бассейна р. Днепр различен по количеству осадков и температурному режиму и мало отличается при движении с востока на запад. Северная часть бассейна (Смоленская, Калужская и северная часть Брянской области) располагается в зоне умеренно-континентального климата. Средняя температура января -9°C , июля $+17^{\circ}\text{C}$. Указанная территория относится к достаточно увлажняемой. Среднегодовое количество осадков составляет от 630 до 760 мм в год, количество дней с осадками – от 170 до 190.

Геолого-гидрогеологические условия трансграничной территории. В геоструктурном отношении бассейн р. Днепр на территории России расположен в пределах Московской синеклизы, Воронежской антиклизы и Днепровской впадины и включает в себя отдельные районы двух крупных гидрогеологических структур Европы – Московского и Днепровского артезианских бассейнов [6]. При этом большая часть рассматриваемой территории относится в западной части Московского артезианского бассейна (63 тыс. км²), в пределах которого расположены все входящие в бассейн р. Днепр районы Смоленской,

Орловской и Калужской областей, большая часть Курской области и третья часть Брянской области. К Днепровскому артезианскому бассейну относятся большая часть Брянской области и отдельные районы Курской и Белгородской областей.

Гидрогеологические условия бассейна Днепра в пределах Беларуси определяются его геологическим и тектоническим строением. Установлено четыре гидрогеологических бассейна: Московский (Оршанский в пределах Беларуси), Днепровский (Припятский), Мазовско-Люблинский (Подляско-Брестский) и Прибалтийский. Границы и краевые части артезианских бассейнов приурочены к сводным частям и склонам положительных тектонических структур кристаллического фундамента: Белорусской и Воронежской антеклизам, Полесской, Жлобинской и Брагинско-Лоевской седловинам Бобруйскому и Микашевичско-Житковичскому выступам, а также Украинскому щиту [6]. При этом Оршанский гидрогеологический бассейн является западной частью Московского мегабассейна и занимает северную и северо-восточную часть бассейна Днепра в пределах Беларуси.

Характеристика основных водоносных горизонтов. В геологическом строении бассейна р. Днепр в пределах России принимают участие отложения кембрийского, ордовикского, девонского, каменноугольного, пермского, триасового, юрского, мелового, палеогенового, неогенового и четвертичного возрастов. Все они содержат подземные воды. Основными водоносными комплексами, используемыми для хозяйственно-питьевого водоснабжения, являются девонский, в меньшей степени – каменноугольный, и еще в меньшей степени четвертичный, меловой и юрский.

Бассейн р. Днепр в пределах Республики Беларусь сложен мощным чехлом четвертичных отложений и дочетвертичных отложений (50–6000 м), представленных водопроницаемыми, слабопроницаемыми породами, к которым приурочено большое количество водоносных горизонтов и комплексов. Основными водопроницаемыми горизонтами и комплексами в бассейне р. Днепра в пределах Беларуси, которые используются для централизованного водоснабжения, являются четвертичный, палеоген-неогеновый, меловой, девонский и верхнедевонский.

Роль климатических факторов в формировании водного режима территории. Верхняя часть бассейна Днепра расположена в районе чрезмерного и достаточного увлажнения (лесная зона), средняя – в районе неустойчивого (зона лесостепи на севере степи), а нижняя – в районе недостаточного увлажнения (зона степи). Питание Днепра смешанное. В верхней части бассейна преобладает снеговое питание (около 50 %), на дождевое и подземное приходится соответственно 20 и 30 %. Ниже, в пределах степной зоны, доля снегового питания возрастает до 85–90 %, подземного – уменьшается до 10–15%, а дождевого почти нет. Около 80 % годового стока Днепра формируется в верхней части бассейна, где выпадает много осадков, а испарение маленькое. В частности, верхний Днепр с Березиной и Сожем даёт 35 % годовой массы воды, Припять – 26 % и Десна – 21 %.

Климат бассейна р. Днепр различен *по количеству осадков* и температурному режиму и мало отличается при движении с востока на запад. Северная часть бассейна (Смоленская, Калужская и северная часть Брянской области) располагается в зоне умеренно-континентального климата. Указанная территория относится к достаточно увлажняемой. Среднегодовое количество осадков составляет от 630 до 760 мм в год, количество дней с осадками – от 170 до 190. Вегетационный период 129–143 дня.

Климат бассейна р. Днепр в пределах Могилевской области Республика Беларусь умеренно континентальный, характеризуется мягкой зимой и теплым летом. Среднегодовая норма осадков составляет 570–570 мм в год. Большая их часть (около 70 %) выпадает с апреля по октябрь. В пределах территории Беларуси среднее количество осадков по бассейну р. Днепр составляет порядка 650–700 мм/год.

Испарение – главный источник поступления водяного пара в атмосферу и основная составляющая водного баланса территории различных размеров. В настоящее время определение испарения приобретает огромное значение при оценке водных ресурсов отдельных

районов, проектирования и эксплуатации систем осушения, орошения и пр. При расчете месячного испарения с континентов используется комплексный метод М.И. Будыко, основанный на совместном решении уравнений теплового и водного балансов с учетом зависимости скорости испарения от влажности почвы.

Режим испарения определяется метеорологическими условиями (дефицит влажности воздуха, интенсивность вертикального переноса водяного пара) и состоянием подстилающей поверхности (влажность и водно-физические свойства почв и горных пород).

Средняя величина испарения в верхней части бассейна р. Днепр с территории России составляет порядка 300–420 мм/год. Согласно расчетным данным, полученным по бассейну р. Днепр в пределах Могилевской области [7], средняя величина испарения с территории составляет порядка 350–370 мм/год.

Роль подземных вод в формировании природных ресурсов. Роль подземных вод в формировании природных ресурсов бассейна р. Днепр была показана путем анализа пространственных изменений соотношения величин подземного стока, атмосферных осадков и общего речного стока.

Исследования геоморфологических, геологических, гидрогеологических и гидрологических особенностей бассейна р. Днепр позволили установить, что территория бассейна неоднородна по условиям формирования подземного стока. Основными водоносными комплексами, принимающими участие в формировании подземного стока являются четвертичные, верхне- среднедевонские и нижнекаменноугольные. В основном подземный сток в реки формируется из четвертичного и девонского водоносного горизонтов, а нижнекаменноугольный водоносный горизонт принимает участие в формировании подземного стока только на востоке бассейна.

Подземный сток из четвертичного водоносного горизонта характеризуется непосредственным воздействием климатических факторов, и в первую очередь атмосферных осадков. Инфильтрация атмосферных осадков через верхнечетвертичные отложения в девонский водоносный горизонт, обусловленная практическим отсутствием выдержанного водоупора, формирует подземный сток из нижней части зоны дренирования. На таких участках, согласно анализу имеющихся фактических материалов, основное участие в формировании подземного стока (порядка 70 %) принадлежит четвертичным отложениям, а 30% приходится на верхне- среднедевонские отложения. На участках, где установлена восходящая фильтрация подземных вод из нижней зоны дренирования (верхнедевонские или каменноугольные отложения) в верхний четвертичный горизонт, было установлено, что доля нижележащих горизонтов составляет порядка 70% в общей величине формирования подземного стока, а на четвертичный водоносный горизонт приходится порядка 30 %.

В верховьях р. Днепр (на участке от истока до г. Сафоново) формирование подземного стока происходит в нижнекаменноугольных отложениях, представленных переслаиванием карбонатных и глинисто-карбонатных отложений, и их доля в общем подземном стоке составляет порядка 70 %. Доля участия верхнедевонских отложений, представленных также переслаиванием карбонатных, глинисто-карбонатных и песчаных отложений, на данном участке не превышает 30 %. Следует отметить, что поскольку регионально выдержанный водоупор между нижнекаменноугольными и верхнедевонскими отложениями в районе отсутствует, то можно с большой долей вероятности предположить, что верхнедевонские отложения также принимают участие в формировании подземного стока на данном участке. В целом по участку модуль подземного стока составляет 2–3 л/с км², уменьшаясь до 1–2 л/с км² ближе к истоку р. Днепр.

На участке от г. Сафоново до г. Смоленск в целом картина не меняется: преобладающее значение в формировании подземного стока (порядка 70 %) принадлежит нижнекаменноугольным отложениям. Однако в бассейне р. Вопь (правый приток р. Днепр) основная доля участия в формировании подземного стока приходится уже на четвертичные отложения, представленные песчано-глинистыми отложениями с включением грубообломочных разностей. В подчиненном положении оказываются как нижнекаменноугольные

(правая долина р. Вопь), так и верхнедевонские (левая долина р. Вопь) отложения. В целом, модули подземного стока здесь составляют 2–3 л/с км².

На участке г. Смоленск – граница Российской Федерации основная роль в формировании подземного стока принадлежит четвертичным отложениям, представленным песчано-глинистыми отложениями с включением грубообломочных разностей и участками песчаных отложений. Роль подземных вод четвертичных отложений в формировании подземного стока остается по-прежнему основной (порядка 70%), но в качестве подчиненного водоносного горизонта выступают отложения верхнего девона. В целом, модуль подземного стока на данном участке составляет 2–3 л/с км².

Список использованных источников

1 Водный фонд Украины: Искусственные водоемы – водохранилища и пруды: Справочник / Под ред. В. К. Хильчевского, В. В. Гребня. – К.: Интерпрес, 2014. – 164 с.

2 Гидрогеология СССР. Том 1 «Москва и смежные области». М.: Недра, 1966. – 409 с.

3 Гидрогеология СССР. Том 2. «Белорусская ССР». – М.: Недра, 1970. – 396 с.

4 Гудак С. П., Курило К. А., Фадеева М. В. Гидрогеологическое районирование подземных вод // Полезные ископаемые Беларуси: К 75-летию БелНИГРИ/Редкол.: П. З. Хомич и др. – Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2002. – С. 406–430.

5 Зекцер И. С. Закономерности формирования подземного стока и научно-методические основы его изучения. – М.: Наука, 1977. – 173 с.

6 Подземные воды Мира: ресурсы, использование, прогнозы (под ред. Зекцера И.С.) М.: Наука, 2007. – 438 с.

7 Волчек А. А., Дашкевич Д. Н. Суммарное испарение на территории Беларуси и его прогнозные оценки. Вестник Брестского государственного технического университета. 2012. №2, с. 2–8.

А. Д. Гуринович, проф., д-р техн. наук
БНТУ, г. Минск

О СОСТОЯНИИ И ПРОБЛЕМАХ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Беларусь с 2009 г. присоединилась к «Протоколу по проблемам воды и здоровья», в котором было определено, что защита здоровья человека должна осуществляться путем улучшения управления водными ресурсами, охраны экосистем и предотвращения, контроля и снижения связанных с водой заболеваний. Были разработаны «Аналитический доклад о состоянии водного хозяйства» и «Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2020 года».

Указанные документы практически не получили никакого дальнейшего продвижения и практически ничего не делается в части исправления сложившегося положения, а наоборот они усложняются, усугубляются и идут в противоречие с установками Президента.

Управление водным хозяйством. Водохозяйственный комплекс Беларуси, представленный совокупностью систем водоснабжения и канализации (далее ВиК) населенных мест, промышленного и сельскохозяйственного производства, гидромелиорации и гидротехнических систем, а также водными объектами, имеет важнейшее значение для устойчивого развития экономики, решения экологических, экономических и социальных проблем и не имеет уполномоченного специализированного государственного органа управления и стратегии развития, комплексно и интегрировано не регулируется государством.

После ликвидации Министерства мелиорации и водного хозяйства БССР в республике практически отсутствует государственный орган управления водохозяйственным комплексом.

На протяжении последних 15 лет неоднократно рассматривался вопрос о совершенствовании управления водным хозяйством республики. Опыт ряда стран свидетельствует о целесообразности выделения специализированной отрасли «Водное хозяйство» и создания соответствующего органа государственного управления. Это предложение в свое время было поддержано всеми облисполкомами, Минским горисполкомом, Минэкономики, Минприроды, Минсельхозпродом, Минжилкомхозом, а также МЧС, Минэнерго и Национальной академией наук Беларуси. Указом Президента РБ от 12.2.2004 г. №66 был создан Департамент по мелиорации и водному хозяйству, однако на завершающей стадии он был неоправданно подчинен Минсельхозпроду, который возложил на него управление всем рыбным хозяйством республики. В результате водное хозяйство республики оказалось без органа государственного управления.

Создание в конце 2012 г. Межведомственной комиссии по вопросам государственной водохозяйственной политики при Совете Министров Республики Беларусь (далее Комиссия) было положительным моментом и первым шагом в реализации задач, стоящих перед Республикой.

Минжилкомхоз блокировал работу Комиссии, а в настоящее время инициировал перед Советом Министров Республики Беларусь вопрос о её закрытии. Министерство практически не управляет технической, научной, кадровой и финансовой политикой развития водохозяйственной отрасли. В структуре министерства нет специализированного подразделения, а также, что является немаловажным, нет ни одного специалиста имеющего как теоретический багаж знаний, так и производственный опыт работы в отрасли водопроводно-канализационного хозяйства.

В отличие от других стратегических сфер деятельности (теплоснабжения, электроснабжения, газоснабжения), от успешного функционирования которых зависит социальная и экономическая стабильность страны, водопроводно-канализационное хозяйство (далее ВКХ), как самостоятельная подотрасль водного хозяйства в Республике Беларусь, за последние 17 лет была практически разрушена. Были ликвидированы органы управления

ВКХ и многие городские предприятия ВКХ Созданный для этих целей Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19 февраля 1999 г N 264в концерн «Белводоканал» был ликвидирован. В тоже время Белорусская железная дорога по аналогии создало в 2004 г. РУП «Дорводоканал», занимающейся эксплуатацией систем водоснабжения и водоотведения железнодорожных станций всей Беларуси, который успешно функционирует до настоящего времени.

В системе ЖКХ Беларуси по состоянию на 01.01.2015 г было 136 организаций. При этом только 25 (17 %) являлись самостоятельными организациями ВКХ, остальные 83 % – многопрофильными ЖКХ. Такая система управления ведет к снижению технического уровня эксплуатации ВКХ, ухудшению показателей финансового состояния, ограничению самостоятельности в выборе стратегии развития. При этом на сегодняшний день организациям ВКХ (ЖКХ) передаются на баланс убыточные объекты социально-бытового назначения (столовые, бани, гостиницы, общежития и др.), что ведет к изъятию и перераспределению финансовых средств, необходимых на модернизацию основных фондов ВКХ. Организационные формы управления ВКХ существенно трансформировались и видоизменялись неоднократно без надлежащего технико-экономического обоснования.

Эксплуатация районными ЖКХ изношенными системами водоснабжения и канализации (только скважин на балансе районных ЖКХ достигает 150 шт.) осуществляется на самом низком уровне, из-за отсутствия профессионализма. Себестоимость 1 м³ воды в районных ЖКХ выше, чем у специализированных водоканалов.

Не стоит не принимать во внимание и тот факт, что на должность руководителя организации ВКХ (ЖКХ) претенденты назначаются местными исполнительными комитетами, которые в дальнейшем имеют существенное влияние на дальнейшую финансово-хозяйственную деятельность организации и отнюдь не в лучшую сторону (например: беспрепятственный сброс концентрированных сточных вод от крупных производственных и агропромышленных организаций (молокозаводов и сырзаводов) в централизованную канализационную сеть). Это является ещё одним фактором необходимости выделения самостоятельного государственного органа, который бы формировал не только общереспубликанскую политику, но и кадровый резерв в сфере ВКХ.

В Минсельхозпрод, также происходили изменения направленные на ликвидацию специализации водохозяйственной отрасли. Департамент по мелиорации и водному хозяйству был ликвидирован во исполнение задания по сокращению численности Минсельхозпрода, так как не соответствовал его деятельности.

А концерн по строительству и эксплуатации мелиоративных систем «Белмелиоводхоз» был преобразован в Государственное объединение по мелиорации земель, водному и рыбному хозяйству «Белводхоз», в котором из 24 организаций, только 7 организаций имеют отношение к водному хозяйству, остальные – рыбхозы.

Нельзя назвать эффективным, при этом, и использования бюджетных средств на цели мелиорации. Областные мелиоративные организации и подчиненные им районные сами проектируют, строят, принимают и оплачивают эти работы. Мелиоративные организации в различных организационных формах переданы в подчинение местным органам власти. В настоящее время банкротятся и расформируются (Оршанское, Вольнецкое и др.).

Проблемами сельскохозяйственного водоснабжения и канализации в Минсельхозпрод никто не занимается.

Минприроды также эволюционировало в специализированное подразделение, занимающееся водными ресурсами – в объединенное «Управление регулирования воздействий на атмосферный воздух и водные ресурсы». При этом основная функция направлена на контроль и взимание налогов и штрафов, а также преследуя корпоративные интересы своих организаций, выдвигает необоснованные новые положения нормативных правовых актов (далее НПА) и технических нормативных правовых актов (далее ТНПА), направленные на косвенное получение средств от предприятий ЖКХ, т.е. от населения.

Минстройархитектуры осуществляет только разработку ТНПА для проектирования и строительства в области водного хозяйства, технический уровень которых в последнее

время не только снизился, но и не соответствует передовому мировому опыту. В настоящее время министерством инициировано волевым решением (без обсуждения с учеными и специалистами) объединение некоторых ТНПА в единый документ и перевод ранее разработанных ТНПА для водной отрасли в рекомендации. Это является недопустимым, так как ВКХ является сферой жизнеобеспечения и требует обязательного исполнения требований ТНПА. Кроме того такое решение идет в противоречие с действующей системой стандартизации в ЕС. В то же время необходимые для текущей работы ТНПА не нашли своего развития.

Минэкономики без научно-технических обоснований установило нормативные сроки службы основных средств сооружений ВиК, которые не соответствуют основным положениям амортизационной и технической политики, внося существенные неопределенности и ошибки в расчеты себестоимости воды и услуг канализации. Так к примеру, сети водопровода (с колодцами и оборудованием) из стальных и асбоцементных труб нормативный срок составляет 20 лет, а у сети канализационной, где сточные воды агрессивные: асбоцементные – 30, стальные – 25 лет. При этом не берется во внимание, что срок эксплуатации колодцев и оборудования в водоснабжении и водоотведении значительно отличается. Аналогично и по другим сооружениям ВКХ.

Главное, что характерно для указанных министерств – низкий уровень профессионализма кадрового состава в водохозяйственной отрасли, что существенным образом сказалось на законотворчестве и на технических нормативных документах.

Нормативные и технические нормативные правовые акты. От их наличия и исполнения во многом зависит эффективность водного хозяйства. Эти акты практически не работают, а большинство – устаревают и бездействуют. Сегодня существуют многочисленные противоречия, изъяны и дублирование в НПА и ТНПА, разрабатываемыми различными министерствами, которые вносят путаницу и неопределенность при проектировании и эксплуатации, приводят к значительному удорожанию объектов водного хозяйства и излишней бюрократической волоките. Прохождение НПА от превратилось в формальные процедуры, без участия и учета замечаний и предложений профессионалов и ученых.

Яркий пример тому Водный кодекс, который содержит многочисленные изъяны и неопределенности. Так, в действующем ныне Водном Кодексе Республики Беларусь в противовес предыдущему и общемировому водному праву – первичное есть охрана, а вторичное – использование водных ресурсов, поверхностные водные объекты существуют, а подземных водных объектов – нет и многое-многое другое, что привело к искажению многочисленной отчетной и кадастровой информации.

Введенное в 2011 г. ТКП 17.04-19-2010 (Минприроды) по проекту горного отвода месторождений подземных вод не содержит никакого смысла. Этого не было в СССР, нет ни в России ни в других странах. Практически одинакового содержания ТКП 45-4.01-199-2010 (Минстройархитектуры) и ТКП 17.04-21-2010 (Минприроды) по водозаборным скважинам противоречат друг другу, приводят к удорожанию и захоронению километрами труб.

Требует серьезной корректировки предложенный в настоящее время Минжилкомхозом Закон «О питьевом водоснабжении» (1999 г), который, как и «Водный кодекс» был одобрен Национальным собранием Республики Беларусь, но правильно был отвергнут Советом Республики. Он, как и «Водный кодекс», Закон «Об охране окружающей среды», «Кодекса Республики Беларусь о недрах» и др.) непрофессионально и технически неправильно содержит многие понятия, неверно трактуются многие определения и статьи, взятые из других нормативных правовых актов. Они были подвергнуты серьезной критике учеными и требуют существенной переработки и корректировки.

Водные ресурсы и их использование. Беларусь находится на водоразделе бассейнов рек Черного и Балтийского морей, должна разрабатывать эффективную водохозяйственную политику, которая должна быть адаптирована к политике устойчивого развития экономики и учитывать наличие и состояние водных ресурсов и их трансграничный фактор.

Подземные воды являются основным источником водоснабжения в Беларуси. Величина прогнозных эксплуатационных запасов подземных вод составляет 49,6 млн. м³/сут.

Для питьевого водоснабжения 153 населенных пунктов выделены 13 основных водоносных комплексов. Разведано 273 месторождений пресных подземных вод в количестве 7,04 млн.м³/сут., из которых не эксплуатируется 113 месторождений (41 %), а действуют лишь 160 водозаборов (59 % от числа разведанных). В республике имеется 31380 водозаборных скважин, большинство которых находятся в неудовлетворительном состоянии и более трети не работает. Обнаружено около нескольких сотен источников загрязнения, оказывающие существенное влияние на качество подземных вод.

По большинству действующих водозаборов истек так называемый «расчетный срок их эксплуатации». Требования Минприроды о проведении переоценки запасов по месторождениям этих водозаборов привело к необходимости неоправданного дополнительного финансирования этих работ. Причина же состоит в огромных погрешностях параметров водозаборов (до 200 % и более) при проведении детальной разведки, а также в несовершенстве методологии оценки запасов подземных вод и, главное, их мониторинга, который должен актуализировать эксплуатационные запасы ежегодно (как делается в большинстве стран мира).

Поверхностные воды представлены реками (21 тыс.), озерами (11 тыс.), водохранилищами (153) и 1500 прудами, водные ресурсы которых в составляют порядка 58 км³ в год.

Сброс сточных вод в поверхностные источники приводит к их загрязнению, которые приходится очищать при заборе для промышленных и сельскохозяйственных целей.

Практически не рассматриваются вопросы комплексного использования вод по бассейнам рек и административных регионов.

Реки, систематически в период весеннего половодья и летне-осенних паводков приносят значительный ущерб экономике страны. За последние 50 лет имели место 12 серьезных наводнений с периодичностью 3–5 лет. Среднегодовые годовые ущербы только по р. Припять составляют 30–40 млн. \$.

Водохозяйственные системы водоснабжения и канализации населенных мест. Централизованные системы водоснабжения имеются в 5623 населенных пунктах республики, в том числе во всех городских (в 111 городах и 97 городских поселках) и в 5415 сельских населенных пунктах (22 %). Централизованные системы водоотведения имеют 201 городской (96 %) и 1786 сельских (7 %) населенных пунктов. На жилищно-коммунальное хозяйство приходится 10181 водозаборных скважин, водоотбор из которых составляет 504 млн. м³/год (73 % от общего объема).

Основной проблемой качества питьевых вод является повышенное содержание железа в подземных водоисточниках и их вторичное загрязнение в трубопроводах.

Более трети сельского населения республики потребляет воду из шахтных колодцев, большинство которых имеет загрязнения по нитратам и микробиологическим показателям.

Неудовлетворительное техническое состояние инженерной инфраструктуры водоснабжения и водоотведения (износ сетей и инженерных сооружений систем водоснабжения и водоотведения в среднем по республике превышает 60 %), низкий уровень технического обслуживания и недостаток финансовых средств на модернизацию систем водоснабжения и водоотведения (темпы обновления основных производственных фондов – 0,1–0,2 % в год в республике, в странах ЕС – от 1 до 2 ведет к большим потерям воды – до 30 %, в то время как средний показатель по странам ЕС колеблется в пределах 10 %).

Особую санитарную и экологическую опасность представляют сточные воды и их осадки. Проблема осадков сточных вод является на сегодня наиболее острой. Только на прудах-накопителях осадков сточных вод г. Минска общей площадью более 120 га их скопилось более 5 млн. т.

Одной из причин создавшейся ситуации в сфере водоснабжения и водоотведения является отсутствие четкого разграничения прав и обязанностей между собственниками и предприятиями ВКХ.

Ресурсы предприятий и подразделений ВКХ перераспределяются на деятельность не связанную с основной. В условиях финансового кризиса, дефицита бюджетных средств

инвестирование строительства и реконструкции объектов водоснабжения и канализации происходит по затратному принципу, при этом абсолютно не рассматриваются вопросы объективной оценки состояния систем и выбора оптимального проекта.

Водохозяйственные системы водоснабжения и канализации промышленности и энергетики. На производственные и питьевые нужды используется порядка 354 млн. м³, в том числе 249 млн. м³ поверхностных и 105 млн. м³ подземных вод, из них энергетика потребляет соответственно 114 млн. м³ поверхностных и 6 млн. м³ подземных вод.

Сложившаяся водохозяйственная система на промышленных предприятиях не стимулирует внедрения водосберегающих технологий и снижения использования воды питьевого качества на технологические нужды.

На промышленных предприятиях страны также образуется порядка 185 млн. м³/год сточных вод, содержащих опасные для окружающей среды загрязнения, которые отводятся в системы водоотведения населенных мест, количество которых, практически, не уменьшается.

Сегодня очень остро стоят проблемы очистки промышленных сточных вод обработки и утилизации их осадков. Более 80 % проектов очистных сооружений разработано по технологиям 70–80х годов прошлого столетия. Очистные сооружения значительной части предприятий имеют значительный физический износ, требуют реконструкции и перехода на новые более эффективные технологии.

В настоящее время продолжается установившаяся практика складирования осадков, содержащих тяжелые металлы, на территориях предприятий.

Серьезной проблемой является загрязнение отводимых поверхностных сточных вод с площадок предприятий. Отсутствие дождевой канализации и очистных сооружений поверхностных сточных вод на части предприятий приводит к загрязнению грунтовых и поверхностных вод.

На предприятиях практически отсутствует стимул к использованию дождевых сточных вод в техническом водоснабжении.

Водохозяйственные системы водоснабжения и канализации агропромышленного комплекса. Сегодня в сельском хозяйстве используется порядка 17 тыс. скважин. В среднем на одно сельхозпредприятие приходится 5–10 скважин – это примерно столько же, сколько в городах с населением 10 тыс. человек. Большинство этих скважин не отвечают санитарно-техническим требованиям эксплуатации, около 30 % находятся в нерабочем состоянии, специализированных служб по эксплуатации не имеется.

Водохозяйственные системы мелиорации и гидроэнергетики. На 2,9 млн. га или 30 % от всех сельскохозяйственных земель со сложнейшим комплексом технических сооружений и устройств, включающих 161,2 тыс. км каналов и водоприёмников, 136,3 тыс. гидротехнических сооружений, 956,7 тыс. км закрытых дренажных коллекторов и дрен, 464 польдерных насосных станций, 1137 прудов и водохранилищ оказались на грани полного выхода из строя, без централизованного профессионального грамотного управления и обслуживания. На их восстановление потребуются огромные средства, или будут безвозвратно потеряны средства производства (земля). Более тысячи прудов и водохранилищ, из которых 160 – наиболее крупных, в результате технического обветшания, представляют потенциальную опасность для жизни людей, проживающих ниже по течению водотоков, на которых они построены, в случае их разрушения. Водоподпорные сооружения требуют ремонта и модернизации, проведения единых централизованных, взаимосвязанных эксплуатационных инженерно-технических мероприятий, мероприятий по их безопасной работе.

В настоящее время положение усугубляется активным строительством гидроэнергетических объектов – гидроэлектростанций. Неотъемлемой частью которых являются создание крупных водохранилищ. При этом встает вопрос, кто этими потенциально опасными объектами будет заниматься, эксплуатировать, профессионально обслуживать.

Водохозяйственное планирование. Преобладание инвестиционных государственных программ (в частности «Чистая вода») и проектов без должного научно-технического обоснования приводило к перерасходу средств на проектирование, строительство и эксплуатацию.

«Республиканская программа первоочередных мер по улучшению снабжения населения питьевой водой (1998–2001 г.г.), как и Государственная программа по водоснабжению и водоотведению «Чистая вода» (2002–2005) предусматривали использование программно-целевого решения комплекса организационно-технических, правовых, экономических, социальных, научных и задач и мероприятий по коренному изменению структуры управления водохозяйственной отраслью, внедрение новых технологий и техники, оздоровление водоисточников, строительство и реконструкцию очистных сооружений и водопроводов, а также массу других полезных дел, которые не были полностью реализованы.

Начиная с 2006 г. программы «Чистая вода» 2006 г. и 2011 г. претерпели значительные изменения, а стратегические задания предыдущих программ, особенно научно-технической части, были исключены. Программы касались только вопросов инвестирования коммунальной сферы, причём без достаточного научного и технико-экономического обоснования (далее ТЭО) инвестиций.

Водохозяйственные же проблемы сельского хозяйства, промышленности и энергетики были вообще опущены в данной программе.

Отсутствие координации в планировании, проектировании и строительстве объектов и ТЭО инвестиций, а также формальное отношение к проведению предпроектных исследований приводит к необоснованному перерасходу бюджетных средств. Как негативный результат имеем построенные очистные сооружения производительностью, превышающую проектную в 2 и более раз с низким качеством очистки. Техническое состояние и уровень эксплуатации этих систем и в стране только ухудшается, обостряя водноэкологические проблемы.

В связи с экономическими проблемами и фактическим прекращением работ по программе «Чистая вода», которая превратилась в подпрограмму Государственной программы «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2016–2020 год, проблемы в водном хозяйстве, как ЖКХ, так и в других отраслях еще в большей мере обострились.

При этом участились случаи принятия кулуарных, ни технически, ни экономически обоснованных решений и проектов, повлекшие за собой весьма значительные, а порой просто бесполезные затраты

Таких примеров более чем предостаточно. Это и замороженное строительство очистных сооружений в г. Полоцке, в г. Шклове, г. Скиделе, г. Свислочи (Гродненской области), г. Мстиславле, г. Солигорске.

В г. Минске присутствует сплошная неопределённость с Программой перевода на подземные источники, а принятый проект и построенные напорные станции обезжелезивания превышают капитальные вложения в 1.4 раза и энергозатраты в 4 раза по сравнению с ранее разработанным безнапорным вариантом. Последним примером такого непрофессионального подхода является лоббирование инвестиционного проекта «Реконструкции Минских очистных сооружений» со стоимостью строительства в 250 млн евро. Данное предложение уже дважды отклонялся экспертным советом ГКНТ в связи с низким уровнем его разработки и выбором самого дорогого варианта обработки осадка сточных вод.

Ни один город Беларуси не имеет водохозяйственных балансов, которые являются основой комплексного планирования развития водоснабжения и канализации.

На сегодняшний день идёт крайне неэффективное использование внешних государственных кредитных ресурсов на разработку ТЭО по проектам ВиК, которые финансируются ЕБРР и МБРР (ранее в программах «Чистая вода» они не разрабатывались). Данные предынвестиционные проработки по сравнению с внутригосударственными расценками имеют значительно завышенную стоимость их выполнения, а технические задания на ТЭО, разработанные Заказчиками – существенные недоработки. Выбор участников и победителей порой осуществляется не квалифицировано и необъективно, стоимость ТЭО экономически не обоснована, а профессионализм выполнения ТЭО работниками иностранной компании вызывают огромные сомнения. Практически, Беларусь берет кредиты и финансирует за счет беднеющего населения страны богатые иностранные компании, проекты которых белорусские фирмы могли выполнить на более высоком уровне и значительно дешевле.

Так стоимость разработки ТЭО для 4-х объектов (утилизация осадков для гг. Гродно и Пинск, очистные сооружения г. Ошмяны и г.п. Боровуха) общей стоимостью в 947160\$. Принята компанией HOLLINGER (Швейцария) по каждому объекту в 236790\$, что является неравнозначным и не правильным, а сами же стоимости значительно завышенными. Предложенные же технические решения не являются экономически и экологически обоснованными и эффективными. В будущем же ответственность за правильность принятого решения фирма HOLLINGER нести уже не будет.

Стратегия повышения эффективности водохозяйственных систем должна определяться комплексным программно-целевым подходом решения взаимосвязанных проблем республиканского уровня (организационных, экономических, правовых и экологических) и конкретных технологических и технических задач проектирования, строительства и эксплуатации, направленных на внедрение современных энерго-, ресурсно- и водосберегающих и природоохранных технологий и оборудования.

Водная наука в Беларуси и ее материально-техническая база (РУП Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов «ЦНИИКИВР» Минприроды, НПО «Жилкоммунтехника» Минжилкомхоза, РУП «Институт Мелиорации» и др.), считавшиеся в СССР одними из ведущих, практически полностью разрушена.

Только в ЦНИИКИВР были полностью демонтированы и ликвидированы уникальнейшие лаборатории, которые могли быть использованы для образовательных и научных целей, а сам институт превратился в группу сотрудников (порядка 45 чел), без лабораторной базы соответствующих научных степеней. НПО «Жилкоммунтехника» Минжилкомхоз ликвидировал. В Национальной академии Беларуси также практически нет ученых в области водоснабжения и канализации. Неоправданно ликвидируются проектные организации по мелиоративным и водохозяйственным работам. Так, численность Республиканского проектного института «Белгипроводхоз» сократилась почти в 10 раз. Непомерно высокая арендная плата за занимаемые производственные помещения, коммунальные платежи просто экономически разоряют данные крайне важные организации, хранящие в своих архивах проектные материалы на построенные мелиоративные и водохозяйственные объекты, особенно подземные, такие как мелиоративные системы, ремонт и восстановление которых без фондовых материалов будет невозможно.

Профессиональное образование является основным инструментом повышения эффективности водохозяйственных систем. Необходимо улучшить методы институциональной, экономической и технической подготовки профессионалов в водохозяйственной области работников министерств и ведомств, а особенно руководителей и ИТР на местах.

Так, специалистов со специальным высшим образованием на руководящих и инженерных должностях на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства составляет не более 8%. Руководящие посты занимают люди далекие от водного хозяйства, не имеющие специального образования и не проходившие переподготовку на соответствующих курсах.

Сегодня из 4-х ВУЗов страны готовивших специалистов ВиК осталось 2 (БНТУ и БрГТУ). Система подготовки и повышения квалификации кадров в водохозяйственной отрасли требует коренного преобразования, как в части организации самого образовательного процесса, так и повышении качества.

Сегодня, в частности, по специальности водоснабжение и канализация, лекции читаются на низком уровне без обучения современным информационным технологиям моделирования сложных гидравлических и физико-химических процессов систем водоснабжения и канализации.

В рамках Болонского процесса следовало бы перенять опыт Польши, Германии, где высшее образование составляет как и у нас 5-лет. Однако, лишь через 3,5 г. обучения присваивается квалификация инженер (после защиты диплома), и после степень магистр – инженер, через 1,5 года. При этом в магистратуру зачисляются все студенты, окончившие с оценкой не ниже «хорошо».

Особо заслуживает внимание подготовка научных кадров (аспирантура) для НИИ и ВУЗов. Действующая система подготовки крайне неэффективна. Необходимо за каждой решаемой научной проблемой закреплять не только институты, но и предприятия, где данная работа будет реализована. Кроме того отсутствие стимулов (низкие зарплаты преподавателей со степенью практически не отличаются от не остепененных) повлекло поступление в очную аспиранту далеко не лучшие кадры, что существенным образом сказалось на преемственности научных направлений и кадров. В БНТУ практически не осталось молодых преподавателей со степенями в водохозяйственной сфере.

Выводы и предложения. В 1995–2000 годы Беларусь была лидером среди стран СНГ в инновационных подходах решения проблем в водохозяйственной области. Сегодня мы теряем уже и то, что создавалось в СССР и Беларуси многими десятилетиями в научной, образовательной и производственной деятельности. Приведенный далеко не полный перечень проблем, затягивание решений которых в дальнейшем лишь резко усугубит экономику нашей страны, обуславливает необходимость создания предлагаемой национальной модели эффективного государственного управления водохозяйственной отрасли страны. Для этого необходимо:

1. Образовать при Совете Министров Республики Беларусь Государственный Комитет по водному хозяйству. (Источником финансирования органа по водному хозяйству может быть экологический налог за забор воды и сброс сточных вод, который следует сконцентрировать в специальном целевом фонде для дальнейшего использования на цели восстановления водных объектов и улучшения водоснабжения населения и отраслей экономики).

2. Воссоздать государственный концерн «Белводоканал». Делегировать государственному объединению по мелиорации земель, водному и рыбному хозяйству ГО «Белводхоз» реальные полномочия по управлению организациями мелиоративного комплекса, независимо от форм собственности.

3. Создать областные объединения «Облводоканал» (с головными предприятиями областных центров и КУП «Водоканал» Минского района), «Облводхоз» с делегированием права управления концерну «Белводоканал», ГО «Белводхоз».

4. Выделить из состава районных ЖКХ службы ВКХ, создав на их основе либо дочерние предприятия, либо филиалы, подчинив их «Облводоканалу».

5. Делегировать право управление концернов «Белводоканал», ГО «Белводхоз» и РУП «Дорводоканал» Государственному Комитету по водному хозяйству.

6. Передать в ведение Комитета по водному хозяйству РУП «ЦНИИКИВР», РУП «Институт Мелиорации», РУП «Белгипроводхоз».

7. Возобновить работу Межведомственной комиссии по вопросам государственной водохозяйственной политики при Совете Министров Республики Беларусь.

8. Реанимировать государственную программу «Чистая вода» на решение проблем водных ресурсов, их охраны от истощения и загрязнения, обеспечения питьевой водой населения и работников производства, рассматривая в комплексе аспекты организационные, экономические, экологические, технологические и инвестиционные.

9. Придать высший приоритет науке в решении водохозяйственных проблем и обосновании мероприятий, применения наилучших доступных технологий. Для чего создать современную эффективную систему водного образования для подготовки высококвалифицированных кадров.

10. Создать единую эффективную систему механизмов разработки и обеспечения исполнения НПА и ТНПА в водохозяйственной отрасли. Пересмотреть нормативные правовые и технические нормативные правовые акты в водохозяйственной отрасли.

11. Обеспечить открытый доступ населению к результатам финансово-хозяйственной деятельности предприятий водоснабжения и канализации (ВКХ) и через СМИ информировать о расходовании средств, получаемых за воду и услуги канализации.

Евсюкова Екатерина, координатор Водной программы Коалиции Чистая Балтика в Беларуси
Учреждение «Центр экологических решений»

РАБОТА ВОДНОЙ ПРОГРАММЫ КОАЛИЦИИ ЧИСТАЯ БАЛТИКА В БЕЛАРУСИ

Программа НКО по усилению участия гражданского общества в водных стратегиях в Беларуси на 2016-2018 гг., финансируемая SIDA и реализуемая Коалицией Чистая Балтика (ССВ), Швеция,* и местными партнерами: Центр экологических решений (Минск), Эко-партнерство (Минск), АховаптушакБацькаўшчыны (Минск), АгроЭкоКультура (Минск), БАГНА (Минск), ЭНДО (Могилев), Неруш (Барановичи), Асдемо (Гомель), Экоконцепция Брест, Экоконцепция Гродно.

*ССВ – политически независимая некоммерческая ассоциация. В настоящее время ССВ объединяет 18 организаций-членов из Беларуси, Финляндии, России, Эстонии, Латвии, Литвы, Польши, Германии, Дании, Украины и Швеции. Членские организации ССВ объединяют более 850 000 человек во всех странах Балтийского моря, что соответствует примерно 1% от общей численности населения в регионе Балтийского моря. Основной целью ССВ является содействие охране и улучшению окружающей среды и природных ресурсов региона Балтийского моря.

Водные проблемы и экологические организации в Беларуси

Беларусь сталкивается с рядом важных проблем, связанных с качеством воды и управлением водными ресурсами. Интенсивное сельское хозяйство и все большее число промышленных животноводческих комплексов являются основными причинами загрязнения воды в сельских районах.

Существующие очистные сооружения в основном нуждаются в модернизации. Чрезмерная нагрузка питательных веществ и высокий уровень загрязняющих веществ в поверхностных и подземных водах создают проблемы для здоровья человека и вызывают эвтрофикацию водных объектов. Негативное воздействие на водные экосистемы и биоразнообразие еще больше усугубляется развитием инфраструктурных объектов и недостатком отработанных практик управления водными ресурсами.

Реки, протекающие по северу и западу Беларуси, несут в себе загрязняющие вещества и питательные вещества, таким образом способствуя повышению экологического давления на Балтийское и Черное моря. Программа ССВ направлена на поиск эффективных решений для улучшения качества воды и разрешения существующих проблем в этой сфере.

Цель Программы: Развитие устойчивого подхода к управлению водными ресурсами в Беларуси для обеспечения должного уровня качества питьевой и проточной воды, сохранения биоразнообразия и улучшения качества жизни населения.



Основные направления Программы:

- 1 – Повышение осведомленности населения о качестве воды и воздействии на здоровье человека
- 2 – Улучшение политик и законодательства в сфере управления водными ресурсами
- 3 – Совершенствование практик управления водными ресурсами
- 4 – Усиление потенциала НКО, координации действий белорусских экологических НКО и налаживание международных контактов

1. Повышение осведомленности населения о качестве воды и воздействии на здоровье человека

Основные мероприятия в этой области включают выпуск публикаций для широкой общественности и конкретных целевых групп (таких как школьники и учителя), представление информации в средствах массовой информации и в Интернете, создание и работа общественных информационных центров, организация семинаров, фестивалей и другие публичные мероприятия.

– Опрос общественного мнения по оценке качества питьевой воды сельскими жителями показал, что 81% сельских жителей готовы прекратить использовать питьевую воду, если в ней будет обнаружена концентрация нитратов, вдвое превышающая норму;

– Десять общественных информационных центра по водным темам открыты в разных районах Беларуси, включая онлайн инфоцентр по болотам www.bahna.land, единственный в Европе интерактивный инфоцентр по лососевым (дер. Варняны, Гродненская область);

– Более 1000 скважин и 80 источников загрязнения добавлены пользователями на онлайн-базу данных общественного мониторинга www.watercontrol.by;

– Подготовлено 62 запроса в местные органы власти для исследования источников загрязнения, 12 случаев загрязнения успешно разрешено;

– Опубликовано 69 статей в национальных и региональных газетах, 1 программа по радио, 2 программы по национальному телевидению;

– В сотрудничестве с национальным интернет-журналом «Zautratvaejkrainy» (www.zautra.by) была открыта новая рубрика об активистах, заинтересованных в общественном мониторинге воды. Были подготовлены 4 статьи, перепечатанные более чем 50 национальными и местными СМИ.

– Основные принципы работы www.watercontrol.by были представлены коллегам в России, Польше и Литве;

– Для повышения осведомленности были подготовлены различные печатные материалы (1 брошюра по органическому сельскому хозяйству, 1 периодическое издание, 4 брошюры по воде и здоровью).

2. Улучшение политик и законодательства в сфере управления водными ресурсами

Основные мероприятия в этой области включают анализ законодательства в каждой из областей политики; разработка брифингов, позиций и предложений НКО, участие НКО в диалоге с властями, юристами и экспертами по политике и правовым документам, связанным с водой.

– Завершение работы над Законом о органическом сельском хозяйстве (ОСХ): эксперты проекта приняли участия в 5 заседаниях Рабочей группы по разработке законодательства про Минсельхозпрод, подготовлены два технических кодекса практики, в том числе подзаконные акты, облегчающие осуществление Закона;

– «Дорожная карта» для развития ОСХ в Беларуси подготовлена и представлена на ежегодной конференции по ОСХ;

– Организована четвертая международная научно-практическая конференция «Органическое сельское хозяйство: национальный опыт и реализация зарубежного опыта в Беларуси» (ноябрь 2016), более 150 экспертов, ученых и практиков ОСХ из 9 стран;

– Соглашения о сотрудничестве в области ОСХ были подписаны с Белорусской государственной академией сельского хозяйства и литовской сертификационной компанией «Экоагрос»;

- Проведено 2 заседания совместной рабочей группы НКО по проблемам воды и здоровья по разработке общего подхода к картированию нитратов и планирования дальнейших шагов по смягчению последствий нитратного загрязнения;
- Подготовлены предложения по проекту «Национального плана действий по реализации принципов зеленой экономики в Беларуси до 2020 года»;
- Информация о белорусских болотных угодьях была собрана в сотрудничестве с НПЦ по биоресурсам НАН РБ, проведена подготовкой к организации общественной кампании по предотвращению добычи торфа.

3. Совершенствование практик управления водными ресурсами

Основные мероприятия в этой области включают содействие совершенствованию практик в области сельского хозяйства, санитарии и очистки сточных вод, осуществление небольших демонстрационных проектов; мониторинг качества воды в колодцах (нитраты) и водных объектах (рН, температура, электропроводность, фосфаты) и экологические показатели.

Защита водных ресурсов в сельском хозяйстве

– Создана Рабочая группа преподавателей Белорусской государственной академии сельского хозяйства, Витебской академии ветеринарной медицины и Гродненского государственного аграрного университета для подготовки методологических материалов по ОСХ для университетов.

– Разработан учебный курс для практикующих фермеров «Органическая школа», проведен первый курс лекций.

- Посажен 1 участок органической черники на органической ферме в переходном периоде.
- Проведено 4 семинара для микро-фермеров, 111 участников.
- Организовано 2 пресс-чая для журналистов, 41 участник, 21 уникальная публикация.
- 62 заинтересованных владельца дач и фермера получили консультации в информационном центре «Агро-эко-культура» (www.agracultura.org).
- 350 человек приняли участие в Агро-культурном фестивале (участие приняли фермеры, переработчики, экологи и все, кто интересуется органическим сельским хозяйством).

Защита и восстановление местообитаний мигрирующих рыб

• В бассейне реки Вилия в Гродненской области Беларуси проведены исследования для определения существующих и потенциальных мест обитания лососей. Собранные данные вместе с соответствующими координатами GPS переданы руководителю исследовательской группы рыб в НАН РБ.

• Создано 2 отчета о мониторинге количества лососевых. Результаты показывают значительно большее количество смолтов и прирост биомассы по сравнению с 2013 годом.

• Патрульные лагеря для защиты лососевых от браконьеров в период нереста организованы среди хранителей реки Вилия и притоков в октябре-декабре 2016 года: 4 нерестовые реки, 20 добровольцев.

• Проводятся регулярные полевые исследования бобровых дамб в сотрудничестве со специалистом НАН РБ.

Сохранение водных ресурсов и санитария

• Проведено 9 семинаров по общественному мониторингу водных ресурсов в Слуцке, Вилейке, Витебске, Минске, Минской области, Могилеве, Барановичах, Бресте, Гомеле (159 участников).

• Обнаружено 80 горячих точек загрязнения водных ресурсов, 62 исследовано, 12 проблем устранено.

• Ведется строительство грунтово-растительной площадки в Ивьевском районе как экологичной канализации для дома пребывания пожилых людей: подготовлен инженерный проект, обеспечена поддержка и большой интерес местной администрации.

• Участок энергетических растений, высажен в Экспериментальной лаборатории Могилевского университета для мониторинга способности поглощать питательные вещества и таким образом предотвращать их утечку в грунтовые воды.

• В деятельность проекта была включена новая целевая группа: церковные общины.

Более 10 статей опубликовано, создана интернет-страница www.tvorenie.by. Ряд стендов на тему «Вода как часть творения» подготовлено для распространения среди приходов. Более 15 встреч с приходами организовано по вопросам, связанным с водными ресурсами.

Ключевые результаты

Активное участие общественности в разрешении водных экологических проблем - десятки тысяч людей в 2016 году:

- Общественный мониторинг содержания нитратов в колодцах,
- Хранители водно-болотных угодий,
- Волонтеры лососевого нереста,
- Школьные клубы наблюдения за реками,
- Местные органические фермеры,
- Публикации в средствах массовой информации и PR,
- Разработка политик.

Усиление участия общественности в принятии решений по вопросам сохранения водных ресурсов:

• Министерство сельского хозяйства и НКО: содействие развитию органического сельского хозяйства (пример конференции и закона).

• Министерство природных ресурсов и окружающей среды и НКО: общественный мониторинг воды и речной дозор, а также защита лосося.

• Академия наук (НПЦ по Биоресурсам) и НКО: сохранение водно-болотных угодий.

• Другие заинтересованные стороны: Палата представителей (Парламент), Министерство образования, а также несколько университетов, местные районные исполнительные комитеты в нескольких районах Беларуси.

Повышение соответствия с природоохранным законодательством ЕС:

• Проект продвигает Водную рамочную директиву и поддерживает ее гармонизацию с белорусским законодательством (подход к бассейновому управлению, вовлечение общественности);

• Проект напрямую включен в разработку Закона об органическом сельском хозяйстве и разработке подзаконных актов, которые также гармонизированы с соответствующим законодательством ЕС;

• Проект поддерживает наращивание потенциала в рамках Протокола по вопросам воды и здоровья в соответствии с Конвенцией ЕЭК ООН по охране и использованию трансграничных водотоков и Конвенцией Эспо по ОВОС в трансграничном контексте.

Обеспечение поддержки в решении важных экологических проблем, которые в противном случае были бы оставлены без внимания в Беларуси:

- Развитие органического сельского хозяйства
- Защита миграции лосося
- Устранение нитратного загрязнения питьевой воды в сельской местности
- Учет воздействия промышленного животноводства на окружающую среду

Проект SIDA / ССВ имеет важное значение для развития гражданского общества в Беларуси:

• Это единственный общественный проект, в котором непосредственно участвуют все основные экологические НКО и многие местные организации. Все 4 «крупные» экологические НКО являются партнерами: Центр экологических решений, Ахова птушак Бацькаўшчыны, Экопартнерство и Экоконцепция/Экодом.

• Создание плотного сотрудничества и тематической платформы по водным проблемам между НКО в Беларуси.

- Усиление гендерного и экологического аспекта.

УСТОЙЧИВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

| | |
|-------------------|--|
| Председатель | Александр Александрович Волчек, д.г.н., профессор, декан факультета инженерных систем и экологии Брестского государственного технического университета (Брест, Беларусь) |
| Зам. председателя | Ольга Сергеевна Залыгина, доцент кафедры промышленной экологии, канд. техн. наук, доцент |
| Секретарь | Ольга Степановна Игнатовец, доцент кафедры биотехнологии и био-экологии, канд. биол. наук |

В.Н. Корнеев, нач. отдела
Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов» (РУП «ЦНИИКИВР»)

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ АДАПТАЦИИ БАСЕЙНА РЕКИ НЕМАН К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА

Устойчивое развитие отраслей экономики в бассейне реки Неман с учетом обеспечения экологического функционирования водных объектов возможно при эффективном интегрированном управлении водными ресурсами бассейна, которое должно быть основано на учете среднесрочных и долгосрочных прогнозов региональных климатических изменений и своевременном принятии соответствующих предупреждающих адаптационных мер. Эти меры должны учитывать и максимально эффективно использовать выгоду от прогнозируемых изменений и нивелировать их возможные отрицательные последствия.

Прогнозируется, что к середине XXI века в бассейне реки Неман будут продолжаться наблюдавшиеся в последние десятилетия климатические изменения. В том числе прогнозируется повышение среднегодовой температуры воздуха, сокращение периода с устойчивым снежным покровом, увеличение годового количества осадков с более существенным их увеличением в первой половине года и с незначительными изменениями для летне-осеннего периода. Особенность бассейна реки Неман заключается в большой численности населения на его территории, высокой концентрации промышленных предприятий и других объектов, включая нефте-, продукто- и газопроводы, активном развитии гидроэнергетики и сельского хозяйства, интенсивном использовании водных ресурсов. В условиях роста интереса международного сообщества к этому региону ввиду его выгодного транзитного расположения роль и значение региона будут увеличиваться.

Стратегические направления адаптации бассейна реки Неман к изменению климата [1] разработаны в рамках международного проекта «Управление водными ресурсами бассейна реки Неман с учетом адаптации к изменению климата», выполнявшегося в 2012–2014 годах в ходе выполнения международного проекта. Главная цель Проекта – совершенствование интегрированного управления водными ресурсами с применением бассейнового подхода в условиях изменяющегося климата на примере реки Неман. Проект способствовал развитию трансграничного сотрудничества стран, расположенных в бассейне реки Неман. Он являлся частью программы пилотных проектов ЕЭК ООН и использовал платформу для обмена опытом между проектами и другими подобными инициативами по развитию сотрудничества в целях адаптации к изменению климата в трансграничных бассейнах. Помимо этого, Проект реализовывался при поддержке Международной инициативы «Окружающая среда и безопасность» (ENVSEC) и Программы развития Организации Объединенных Наций (ПРООН) в Республике Беларусь. В ходе реализации Проекта получены следующие основные результаты:

- выполнена оценка современного состояния водных ресурсов бассейна реки Неман (количественные характеристики) с учетом анализа воздействия на них хозяйственной деятельности;
- проведен анализ существующего изменения климатических характеристик и стока за период 50 лет, начиная с 1961 года;
- разработан прогноз изменения климата и стока на период до 2035 г.;
- разработана общая информационная платформа (база данных в Интернете) для управления водными ресурсами и по адаптации к изменению климата для каждой из стран бассейна реки Неман;
- разработаны Стратегические направления адаптации бассейна реки Неман к изменению климата.

Анализ и прогноз изменения климатических характеристик и стока в бассейне реки Неман выполнен с использованием информации за 1961 – 2010 гг. по 23 метеорологическим станциям (8 на территории Беларуси и 15 на территории Литвы) и по 25 гидрологическим постам (12 в Беларуси и 13 в Литве).

За период с 1961 по 2010 г. выявлены следующие тенденции изменения климата и стока:

- увеличение среднегодовой температуры воздуха в среднем по бассейну реки Неман на $0,9^{\circ}\text{C}$ с максимальным увеличением в зимний период на $2,5^{\circ}\text{C}$ (в январе) и в летний период на $1,4^{\circ}\text{C}$ (в июле);

- незначительное увеличение количества осадков в среднем за год (на 7%), причем наибольшее увеличение произошло в зимнее время (в феврале – почти на 40%), а в летнее время изменение количества осадков оценивается как незначительное;

- незначительное увеличение среднегодового стока – в среднем по бассейну на 4,2%;

- снижение стока весеннего половодья с более ранним наступлением его пика;

- увеличение стока в зимний период;

- не очень значительное уменьшение стока в летний период.

Долгосрочные, на период с 2021 по 2035 гг., прогнозы изменения климата для бассейна реки Неман получены путем расчетов по региональной климатической модели SCLM с использованием выходных данных глобальной климатической модели ECHAM5. Для прогнозирования изменения климата, аналогично, как и для бассейнов рек Западная Двина и Неман использованы два сценария – A1B и B1 с последующим уточнением с за счет использования мультимодельного ансамбля из четырех сценариев CMIP5, предложенного Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) в 2013 году в Пятом докладе по изменению климата [2].

Тенденция увеличения температуры воздуха сохранится и в будущем. Среднегодовая температура воздуха вырастет на $1,4 – 1,7^{\circ}\text{C}$ для различных климатических сценариев, с увеличением на $2,0 – 2,8^{\circ}\text{C}$ в зимний период и на $0,7 – 1,1^{\circ}\text{C}$ в летний. Также вероятно увеличение годового количества осадков в бассейне реки Неман. Более существенные изменения ожидаются в первой половине года, в то время как для летне-осеннего периода эти изменения будут не столь значительными. Вследствие значительного повышения температуры воздуха в зимний период и изменения количества и состава осадков снежный покров в ближайшем будущем будет сокращаться.

Уточненные климатические прогнозы до 2035 г. для бассейна Немана, выполненные с использованием результатов мультимодельного ансамбля CMIP5 подтвердили прогнозные тенденции увеличения температуры воздуха и количества осадков в среднем по бассейну [1]. При этом выявлен незначительный рост температуры воздуха по сезонам. Повышение температуры воздуха в летний период будет большим, чем прогнозировалось по сценариям A1B и B1, и меньшим в зимний период. Максимальное повышение температуры воздуха ожидается в зимний период. Наибольшее количество осадков прогнозируется в холодное время года, а во второй половине лета, как и в начале осени, количество осадков будет меняться мало или даже незначительно уменьшится.

Прогноз изменения стока поверхностных водных объектов в бассейне реки Неман на период с 2021 по 2035 гг. выполнялся с использованием двух методологически схожих гидрологических моделей:

- модели WatBal с расчетами суммарного испарения и водного баланса (расчеты по модели WatBal выполнены экспертами из Литвы) [3];

- модели гидролого-климатических расчетов на основании совместного решения уравнений водного и теплоэнергетического баланса (расчеты выполнены экспертами из Беларуси) [4].

По прогнозам изменения стока сохраняются выявленные за предыдущий более чем 50-летний период тенденции незначительного увеличения среднегодового стока в среднем по бассейну реки Неман. При этом максимальное увеличение стока может произойти в зимний период (до 24%), в основном в январе и феврале, за счет увеличения количества осадков

и оттепелей. Прогнозируемый сток в летний период может измениться не очень значительно, как с его увеличением (в основном для северо-западной части Литвы), так и с уменьшением (в основном, для территории Беларуси). Более значительное уменьшение стока прогнозируется в осенний период, особенно в его начале.

Стратегические направления включают основные результаты проекта в части оценки и прогноза изменения климата и стока в бассейне реки Неман, а также перечень основных возможных адаптационных мер. Эти меры разработаны на основании оценки предполагаемых воздействий изменения климата на различные виды природных ресурсов и отрасли экономики в контексте их взаимосвязи со степенью воздействия изменения климата на водные ресурсы. Проведены консультации по обсуждению результатов проекта и стратегических направлений в государствах бассейна реки Неман (в Беларуси, Литве, Калининградской области Российской Федерации) с участием представителей ЕЭК ООН, органов управления природопользованием, международных и национальных экспертов, заинтересованных водопользователей, а также средств массовой информации и общественности.

Основные наиболее актуальные принципы для определения стратегических направлений адаптации бассейна Немана к изменению климата утверждают, что «политика адаптации должна разрабатываться в контексте концепции интегрированного управления водными ресурсами, которая предполагает необходимость планирования на уровне речного бассейна, тесное межсекторальное сотрудничество, участие общественности и оптимизацию водопользования», а также что «адаптация – не «разовое мероприятие», а скорее постоянный, долгосрочный процесс, интегрированный во все уровни планирования» [6].

Поэтому основополагающим фактором при адаптации бассейна Немана к изменению климата является применение бассейнового подхода, при котором в максимальной степени принимаются во внимание проблемы и потребности бассейна в целом, вне зависимости от их пространственного расположения, ведомственной и территориальной принадлежности, а для их выявления и решения предлагаются механизмы бассейнового сотрудничества. Это обеспечивает более широкий взгляд на источники риска и способы решения проблем с точки зрения общих интересов. В обобщенном виде стратегические направления адаптации к изменению климата для различных видов природных ресурсов и отраслей экономики представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Стратегические направления адаптации к изменению климата для водных и других связанных с ними природных ресурсов

| Вид природных ресурсов | Стратегические направления адаптации |
|------------------------------|--|
| Поверхностные водные ресурсы | Эффективное управление водными ресурсами и оптимизация водопотребления, включая регламентацию требований к сельскохозяйственной и градостроительной деятельности в поймах рек для снижения рисков и ущерба от наводнений и засух. Мониторинг ситуации в бассейне, включая совершенствование системы мониторинга за гидрологическим, гидродинамическим, гидрохимическим режимом и автоматизацию пунктов мониторинга. Организация обмена информацией между странами на регулярной основе. Разработка планов управления водными ресурсами и рисками наводнений бассейнового уровня, картографирование риска затопления на систематической основе, планы действий при чрезвычайных ситуациях (ЧС), внедрение систем раннего оповещения, информирование (в т. ч. трансграничное) об опасности наводнений, планирование застройки урбанизированных территорий с учетом зон затопления согласно картам рисков затоплений. Снижение загрязнения от точечных и рассредоточенных источников. Мониторинг и модернизация гидротехнических сооружений. Восстановление систем орошения и пolderных систем. Мероприятия по укреплению берегов. Повышение информированности населения. Техническое переоснащение сетей гидрологических наблюдений. |

Окончание табл. 1

| Вид природных ресурсов | Стратегические направления адаптации |
|---|--|
| Подземные воды | Комплексный мониторинг подземных вод. Оценка состояния подземных вод и их уязвимости к изменению климата. Эффективное управление водными ресурсами и оптимизация водопотребления, включая регламентацию требований к забору подземных вод. Учет взаимодействия поверхностных и подземных вод, эффективное управление дренажными системами |
| Лесные ресурсы | Мониторинг и анализ ситуации. Реализация комплексных мероприятий по устойчивому лесоводству, включая замену наиболее чувствительных видов на более устойчивые виды. Трансграничный контроль инфекций и паразитов. Мелиорация и повторное заболачивание лесных территорий. Проведение лесотехнических мероприятий по защите от пожаров, инфекций и вредителей. |
| Другие экосистемы и водно-болотные угодья | Контроль и предотвращение распространения видов-вселенцев (инвазивных видов), мониторинг экосистем и качества воды, контроль соблюдения технологий природопользования (например, при разработке торфяников), сохранение и расширение водно-болотных угодий, включая рекультивацию. Учет бассейновых аспектов при мероприятиях по улучшению биоразнообразия на региональном уровне (предотвращение фрагментации) |
| Ихтиофауна | Восстановление ихтиофауны и местообитаний, борьба с видами-вселенцами, водоохранные мероприятия |

Механизмы адаптации к изменению климата основаны на том, что большинство мер адаптации, затрагивающих территорию бассейна, будет реализовываться усилиями стран, территорий и отраслей в рамках собственных стратегий развития и адаптации к изменению климата, а также других национальных инструментов экологической политики.

Таблица 2 – Стратегические направления адаптации к изменению климата для отраслей экономики в сфере их взаимосвязи с водными ресурсами

| Отрасль экономики | Стратегические направления по адаптации |
|--------------------------------|---|
| Промышленность | Развитие водозэффективных, водосберегающих и чистых технологий («зеленой экономики»), сокращение сбросов сточных вод и содержания в них загрязняющих веществ. Совершенствование экономического механизма в водопотреблении и водоотведении. Повышение информированности населения |
| Энергетика | Совершенствование инженерных проектов и технологий строительства ГЭС, обновление правил эксплуатации ГЭС с учетом прогнозируемых изменений гидрологического режима на бассейновом уровне, совершенствование управления пусками с водохранилищ и сбросами сточных вод, расширение использования возобновляемых источников энергии, использование отходов для получения энергии. Обмен трансграничной информацией |
| Жилищно-коммунальное хозяйство | Развитие систем водоснабжения и водоотведения, в том числе в сельских населенных пунктах; периодическая оценка запасов и мониторинг подземных вод (количественные и качественные показатели). Внедрение новых и совершенствование существующих технологий очистки сточных вод. Сокращение территорий захоронения отходов за счет совершенствования систем их переработки. Реализация мер по сокращению потерь воды, совершенствование дождевой канализации |
| Сельское хозяйство | Снижение загрязнения от точечных и рассредоточенных источников. Внедрение эффективных технологий, в т. ч. в мелких хозяйствах, борьба с эрозией. Замена сельскохозяйственных видов на более урожайные и устойчивые (адаптированные к новым климатическим условиям) |

Окончание табл. 2

| Отрасль экономики | Стратегические направления по адаптации |
|---|--|
| Рыбное хозяйство и рыбоводство | Эффективный надзор и оптимизация водопользования. Мониторинг ихтиофауны, регулирование рыбного хозяйства, использование возможностей разведения новых видов, включая расширение сети искусственных водоемов и ассортимента аквакультуры. Дополнительные технологические меры в Беларуси (аэрация, увеличение проточности, химические способы) |
| Правовые и институциональные аспекты управления водными ресурсами | Совершенствование правовой и институциональной базы бассейнового управления. Повышение информированности населения. Обмен трансграничной информацией |
| Транспортная инфраструктура, включая водный транспорт | Адаптация водного транспорта к увеличению частоты и амплитуды колебаний уровня воды, проведение инженерных мероприятий по улучшению пропускной способности водотоков. Мониторинг и прогнозирование опасных гидрометеорологических явлений. Внедрение систем предупреждения и минимизации последствий чрезвычайных ситуаций. Совершенствование инженерных защитных мероприятий по снижению негативного воздействия опасных гидрологических явлений на дорожную сеть. Повышение информированности населения. Проектирование новых дорог и зданий с учетом происходящих климатических изменений, использование в строительстве материалов, рассчитанных на увеличенное число циклов замораживания и оттаивания |
| Здоровье населения | Совершенствование мониторинга и контроль качества поверхностных и подземных вод, информирование населения. Прогнозирование наводнений и снижение ущерба от них |
| Рекреация | Поддержание туристской и рекреационной инфраструктуры, развитие экотуризма. Информирование населения |

Список использованных источников

1 Стратегические направления адаптации бассейна реки Неман к изменению климата / Программа развития ООН в Беларуси и Европейская экономическая комиссия ООН; сост. В.Н. Корнеев, А.А. Волчек, Л.Н. Гертман, И.П. Усова, В.Н. Ануфриев, А.В. Пахомов, И.Е. Русая, И.А. Булак, Е.П. Богодяж, С.А. Дубенок, С.В. Завьялов, А.Н. Рачевский (Республика Беларусь); Э.Римкус, Э.Стоневичус, А.Шепикас (Литовская Республика); П. Бойс (Нидерланды); Д. Крема (Италия), Н.Б., Денисов, С. Коппель (Швейцария). – Брест, 2015. – 68 с./ The Strategic Framework for Adaptation to Climate Change in the Neman River Basin / United Nations Development Programme in Belarus and United Nations Economic Commission for Europe; V.N. Korneev, A.A. Volchak et al. – Brest, 2015. – с. 64.

2 Атлас глобальных и региональных климатических прогнозов (на английском языке) // Материалы МГЭИК, с. 1350 – 1353. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

3 Yates, D. N. WatBal: An Integrated Water Balance Model for Climate Impact Assessment of River Basin Runoff // Int. J. of Water Resources Development. – 1996. – № 12(2). – P. 121 – 140.

4 Волчек, А.А. Оценка современных трансформаций водного режима рек Беларуси / А.А. Волчек, В.В. Лукша // Водные ресурсы (информационные материалы). – Минск: ЦНИИКИВР, 2004. – № 18. – С. 20 – 29.

5 Руководство по водным ресурсам и адаптации к изменению климата. – Нью-Йорк, Женева : ООН, 2009 г. – 128 с.

Л.Н. Журавович, И.С. Данилович, Д.С. Поликша
Белгидромет, г. Минск

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЖОРНЫХ И ЗАТОРНЫХ ЯВЛЕНИЙ НА РЕКАХ БЕЛАРУСИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Введение. Среди опасных гидрологических явлений наиболее существенный ущерб для населения и отраслей экономики приносят наводнения, в результате которых происходит подтопление прилегающих территорий. Наводнения наиболее часто возникают в результате прохождения весеннего половодья, сформированные притоком талых вод, накопленных в течение зимнего сезона; дождевых паводков, при выпадении значительных сумм за короткий интервал времени [4]. Также подтопления на реках возникают в результате подпора, связанного с ледообразованием и ледоразрушением (зажоры, заторы), который формируется ежегодно на многих участках рек страны. В последние десятилетия отмечается заметное изменение климатических условий [3], что повлекло возрастание числа случаев подпорных явлений и повышения уровней воды. В связи с этим назрела необходимость анализа повторяемости зажорных и заторных явлений с учетом происходящих изменений климата и водного режима рек страны.

Исходные данные и методология. Исходными данными для анализа послужили материалы Государственного водного кадастра (далее – ГВК) Минприроды, в частности сведения об уровне и ледовом режиме рек, входящих в раздел ГВК «Поверхностные воды», за ведение которого отвечает Белгидромет. В ходе исследования были проанализированы ежедневные уровни воды и ледовые явления, по которым определялось наличие зажорных и заторных явлений в совокупности с ходом метеорологических элементов. Для наиболее крупных речных бассейнов были определены репрезентативные пункты, для которых был выполнен анализ: р. Западная Двина-Полоцк, р. Неман-Столбцы, р. Вилия-Михалишки, р. Днепр-Орша, р. Припять-Мозырь. Период обобщения составил 1937–2016 гг.

Зажоры образуются на реках в период формирования ледяного покрова, при образовании в русле внутриводного льда и его вовлечении под кромку ледяного покрова. Решающее значение при этом имеет поверхностная скорость течения (более 0,4 м/с) [1], а также температура воздуха в период замерзания. Скопление шуги и другого рыхлого ледяного материала, образующегося на этих участках в результате непрерывного процесса образования внутри водного льда и разрушения ледяного покрова, вызывает стеснение водного сечения, вследствие чего происходит подъем воды выше по течению.

Заторы, в отличие от зажоров, образуются обычно в конце зимы и в весенний период при вскрытии рек во время разрушения ледяного покрова. Затор представляет собой скопление крупных и мелких льдин, ограничивающее течение реки. В результате происходит подъем воды и ее разлив.

Главная причина образования затора – задержка процесса вскрытия льда на тех реках, где кромка ледяного покрова смещается сверху вниз по течению. Движущийся сверху раздробленный лед встречает на пути еще не нарушенный ледяной покров. Основное условие для формирования затора создается при значительной (0,6–0,8 м/с и более) скорости поверхностного течения [1].

В ходе исследования были рассмотрены следующие характеристики зажорных и заторных явлений:

1) максимальные подъемы уровней воды. Максимальный заторный уровень, как правило, превышает уровень весеннего половодья. Максимальный зажорный уровень превышает уровень воды при ледоставе.

2) продолжительность затора или зажора. Затор льда – явление кратковременное. Высокий уровень держится обычно несколько суток. Период подъема зажорного уровня более длительный, до десятков суток.

3) повторяемость зажоров/заторов. Данная характеристика значительно варьирует во времени и пространстве. В одних местах они повторяются через 2–5 лет, в других – значительно реже.

Результаты. Зажорные явления.

Анализ многолетних данных зажорных явлений показал, что периодичность возникновения явления на реках Припять и Днепр увеличилась (таблица 1). В течение периода 1937–1988 гг. зажоры наблюдались в среднем 1 раз в 13 лет на р. Припять и 1 раз в 10 лет на р. Днепр. В период заметного изменения климата 1989–2016 гг. зажоры на указанных реках наблюдались 1 раз в 2 года. На реках Неман, Виляя и Западная Двина периодичность также возросла, однако менее значительно.

Таблица 1 – Повторяемость зажорных явлений

| Река-пост | Период | Периодичность |
|-------------------------|-----------|----------------|
| Неман – Гродно | 1937–1988 | 1 раз в 4 года |
| | 1989–2016 | 1 раз в 2 года |
| Виляя – Михалишки | 1937–1988 | 1 раз в 3 года |
| | 1989–2016 | ежегодно |
| Западная Двина – Полоцк | 1937–1988 | 1 раз в 5 лет |
| | 1989–2016 | 1 раз в 2 года |
| Неман – Гродно | 1937–1969 | 1 раз в 17 лет |
| | 1970–2016 | 1 раз в 2 года |
| Виляя – Михалишки | 1937–1969 | 1 раз в 17 лет |
| | 1970–2016 | ежегодно |
| Западная Двина – Полоцк | 1937–1969 | 1 раз в 17 лет |
| | 1970–2016 | 1 раз в 2 года |

Увеличение частоты зажорных явлений связано со смещением сроков замерзания рек на более поздние даты и с процессом замерзания рек, в ходе которого ледообразование происходит внутри водной массы, что приводит к увеличению образования шуги и увеличению водности и, как следствие, образованию зажоров.

Средняя продолжительность зажора увеличилась на реках Припять и Днепр в 6 и 3 раза соответственно. Продолжительность зажоров на р. Западная Двина увеличилась на 25%. На Вилии продолжительность не изменилась, а на Немане даже уменьшилась на 30% (таблица 2).

Таблица 2 – Продолжительность зажорных явлений

| Река-пост | Период | Средняя продолжительность (дни) |
|-------------------------|-----------|---------------------------------|
| Неман – Гродно | 1937–1988 | 29 |
| | 1989–2016 | 18 |
| | 1937–1969 | 12 |
| | 1970–2016 | 24 |
| Виляя – Михалишки | 1937–1988 | 23 |
| | 1989–2016 | 24 |
| | 1937–1969 | 13 |
| | 1970–2016 | 25 |
| Западная Двина – Полоцк | 1937–1988 | 14 |
| | 1989–2016 | 20 |
| | 1937–1969 | 3 |
| | 1970–2016 | 20 |
| Днепр – Орша | 1937–1988 | 4 |
| | 1989–2016 | 15 |
| Припять – Мозырь | 1937–1988 | 2 |
| | 1989–2016 | 12 |

Более ранние исследования показали [2], что основное изменение гидрологического режима рек и его пространственных особенностей, начало происходить с 70-х гг. прошлого столетия, и с 90-х годов изменение характеристик усиливалось в том же направлении, в связи с этим для рек Вилия, Неман и Западная Двина дополнительно выполнены расчеты за период 1970–2016 гг.

Максимальные зазорные уровни за период изменения климата изменились неоднозначно. На реках Припять и Западная Двина средние многолетние значения максимального зазорного уровня увеличились, на реках Вилия и Неман они остались неизменными, а на реке Днепр уменьшились.

Заторные уровни. Образование заторов тесно связано с формированием ледяного покрова на реках. Толщина льда за период изменения климата изменилась в среднем на 10–15 см в сторону уменьшения. Эти изменения наиболее заметны для рек Западная Двина, Днепр, Припять с 1989 года, для остальных – с 1970 года. На реках Вилия и Неман в отдельные годы ледостав не устанавливается или имеет несплошной ледяной покров.

Проведенный анализ показал, что заторы стали наблюдаться реже на реках Припять, Днепр, Неман и Западная Двина, а на реке Вилия их повторяемость увеличилась (таблица 3). Уменьшение повторяемости заторов на рассматриваемых реках по абсолютному значению оказалось невысоким, однако является однонаправленным и статистически значимым. Уменьшение наиболее вероятно связано с неустойчивой погодой (возвратов холода) в течение весеннего сезона в последние десятилетия, что способствует более медленному разрушению ледяного покрова и постепенному его таянию.

Таблица 3 – Повторяемость заторных явлений

| Река-пост | Период | Периодичность |
|-------------------------|-----------|------------------|
| Неман – Гродно | 1937–1988 | 1 раз в 3 года |
| | 1989–2016 | 1 раз в 4 года |
| Вилия – Михалишки | 1937–1988 | 1 раз в 6,5 лет |
| | 1989–2016 | 1 раз в 3 года |
| Западная Двина – Полоцк | 1937–1988 | 1 раз в 2,5 года |
| | 1989–2016 | 1 раз в 3,5 года |
| Днепр – Орша | 1937–1988 | 1 раз в 4 года |
| | 1989–2016 | 1 раз в 5 лет |
| Припять – Мозырь | 1937–1988 | 1 раз в 4 года |
| | 1989–2016 | 1 раз в 5 лет |

Продолжительность заторов при этом увеличилась на всех реках, кроме Западной Двины, где она осталась неизменной.

Максимальные заторные уровни увеличились по амплитуде на реках Днепр, Припять. На реках Вилия, Западная Двина и Неман наблюдается уменьшение максимальных заторных уровней.

Заключение. В связи с заметным изменением климата в последние десятилетия, которое наиболее существенно отмечается в зимний сезон, произошло изменение уровня и ледового режима рек Беларуси. Изменение коснулось межлетнего периода и заключается в увеличении повторяемости зазорных и уменьшении заторных явлений. Увеличение повторяемости зазоров в начале процесса замерзания рек связано с увеличением числа оттепелей, способствующих формированию рыхлого льда и скоплению его в русле рек, с чем связано увеличение продолжительности зазоров и максимальных уровней. Уменьшение числа заторов связано с неустойчивым повышением температуры воздуха с частыми возвратами холода в весенний сезон в последние десятилетия, что способствует постепенному процессу разрушения льда.

Список использованных источников

1 Бузин, В.А. Заторы льда и заторные наводнения на реках – Санкт-Петербург: Гидрометеоздат, 2004 – 204 с.

2 Гидрологический мониторинг Республики Беларусь. / под ред. А.И. Полищука, Г.С. Чекана – Мн.: Книгазбор, 2009. – 260 с.

3 Мельник, В. И. Особенности изменения климата на территории Республики Беларусь за последние десятилетия / В. И. Мельник, Е. В. Комаровская // Научно-методическое обеспечение деятельности по охране окружающей среды: проблемы и перспективы : сборник научных трудов – Мн.: "БелНИЦ "Экология", 2011. – С. 77–84.

4 Стихийные гидрометеорологические явления на территории Беларуси: справочник / Г.С. Чекан, Ф.М. Ошеров, Л.А. Некрасова, И.С. Данилович; под ред. М.А. Гольберга. – Мн.: БелНИЦ Экология, 2002. – 132 с.

УДК 556.5

И.С. Данилович, Л.Н. Журавович, Е.Г. Квач, А.В. Прохоренко
Белгидромет, г. Минск

ТЕНДЕНЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОТЫ ЗИМНИХ ПАВОДКОВ И ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА

Введение. Климатические изменения, наблюдающиеся на протяжении последних десятилетий на территории Беларуси, обусловили трансформацию, в том числе, условий формирования водного режима рек страны. Изучение вопроса изменения водного режима рек Беларуси позволило установить значимое внутригодовое перераспределение стока рек в последние десятилетия [1,4], которое выражается в увеличении доли зимнего меженного стока и более частом формировании зимних паводков, а также снижении доли весеннего стока и более редкой повторяемости наводнений во время прохождения весеннего половодья. В связи с этим целью работы являлась детальная оценка изменения структуры характерных уровней в зимний и весенний сезоны. Гипотеза исследования заключалась в сближении по высоте и/или более частом превышении высших уровней зимних паводков над высшими уровнями весеннего половодья в связи с изменением климата, в первую очередь в зимний период, в течение последних десятилетий.

Исходные данные и методология. Исходными данными для анализа послужили материалы Государственного водного кадастра (далее – ГВК) Минприроды, в частности сведения об уровненом режиме рек, входящих в раздел ГВК «Поверхностные воды», за ведение которого отвечает Белгидромет. В ходе исследования были проанализированы значения ежедневных и срочных уровней воды на реках Беларуси, сформированных во время прохождения зимних паводков и весеннего половодья.

Анализ выполнялся для наиболее репрезентативных речных бассейнов по 34 гидрологическим постам государственной гидрометеорологической сети наблюдений Минприроды (таблица 1).

В ходе исследования были рассмотрены следующие характеристики:

- 1) ежедневные сведения о ледовых явлениях на реках;
- 2) значения и сроки высших уровней зимних паводков;
- 3) значения и сроки высших уровней весеннего половодья;
- 4) средние значения высших уровней за периоды: с начала наблюдений по 1970 гг. и 1988 г., с 1971 по 2015 гг. и с 1989 по 2015 гг.;
- 5) погодичные разности высших уровней воды за зимний паводок и весеннее половодье;
- 6) среднее многолетнее значение разности высших уровней за зимний паводок и весеннее половодье за периоды: с начала наблюдений по 1970 гг. и 1988 г., с 1971 по 2015 гг. и с 1989 по 2015 гг.;
- 7) статистические значимости разностей высших уровней воды за зимний паводок и весеннее половодье для различных периодов обобщения (п.5).

Таблица 1 – Список гидрологических постов, использованных в исследовании

| № п/п | Река-пост | Период од-нородных наблюдений | № п/п | Река-пост | Период од-нородных наблюдений |
|-------|--------------------------------|-------------------------------|-------|------------------------|-------------------------------|
| 1 | Западная Двина – Витебск | 1881–2015 | 18 | Лесная – Каменец | 1941–2015 |
| 2 | Западная Двина – Сураж | 1881–2015 | 19 | Днепр – Орша | 1882–2015 |
| 3 | Западная Двина – Улла | 1913–2015 | 20 | Днепр- Могилев | 1882–2015 |
| 4 | Западная Двина – Полоцк | 1937–2015 | 21 | Днепр – Жлобин | 1927–2015 |
| 5 | Западная Двина – Верхне-двинск | 1955–2015 | 22 | Березина – Бобруйск | 1882–2015 |
| 6 | Оболь – Оболь | 1937–2015 | 23 | Днепр- Лоев | 1882–2015 |
| 7 | Полота – Янково | 1928–2015 | 24 | Сож – Славгород | 1898–2015 |
| 8 | Дисна – Шарковщина | 1946–2015 | 25 | Сож – Гомель | 1902–2015 |
| 9 | Неман – Столбцы | 1883–2015 | 26 | Беседь – Светиловичи | 1930–2015 |
| 10 | Неман – Белица | 1945–2015 | 27 | Припять – Петриков | 1931–2015 |
| 11 | Неман – Мосты | 1881–2015 | 28 | Припять – Мозырь | 1881–2015 |
| 12 | Неман – Гродно | 1881–2015 | 29 | Уборть – Краснобережье | 1927–2015 |
| 13 | Неман – Слоним | 1882–2015 | 30 | Случь – Ленин | 1946–2015 |
| 14 | Виляя – Михалишки | 1946–2015 | 31 | Ясельда – Сенин | 1945–2015 |
| 15 | Нарочь – Нарочь | 1945–2015 | 32 | Горынь – Викоровичи | 1924–2015 |
| 16 | Ошмянка – Б.Яцыны | 1928–2015 | 33 | Оресса – Андреевка | 1941–2015 |
| 17 | Рыта – М.Радваничи | 1945–2015 | | | |

Результаты. Климатические изменения в регионе, в первую очередь коснувшиеся температурного режима в зимний сезон [2], обусловили изменения в формировании гидрологических характеристик в зимний и весенний сезоны. В связи с повышением температурного фона в зимний сезон и частыми оттепелями отмечаются изменения в ледовом режиме рек. В течение последних десятилетий начало осенних ледовых явлений, которые обычно появляются в последней декаде ноября – начале декабря, отмечалось позже обычных сроков в среднем на 8–13 дней, начало ледостава (обычно вторая декада декабря) на 5–8 дней. При этом сроки окончания ледовых явлений (обычно в третьей декаде март – первой декаде апреля) изменились на более ранние на 13–21 дней. Толщина льда на реках также заметно уменьшилась. Максимальные значения толщины льда в среднем составляют 25–45 см, и за период изменения климата они уменьшились в среднем на 9–17 см.

За период потепления начало зимней межени сдвинулось в сторону более поздних сроков: для рек бассейна Западной Двины – на 4–11 дней, рек бассейна Немана – 6–10 дней, Западного Буга – 11–12 дней, для рек бассейнов Днестра и Припяти – на 6–13 дней. Поздние даты начала зимней межени периода потепления приходятся на середину – конец января (2007, 2012 гг.). В результате чего продолжительность периода зимней межени на реках всех бассейнов сократилась в среднем на 14–26 дней и составляет от 89–99 дней на реках юга Беларуси до 113–123 дней на севере страны.

В связи с увеличением числа оттепелей в зимний сезон и дополнительного поступления влаги на водосбор, в последние годы увеличилась высота зимних паводков и случаи, когда высшим в году становился высший уровень зимнего периода, а не весеннего половодья.

За период от начала наблюдений до начала периода заметного изменения климата в Беларуси (до 1988 г.) [2] разность между высшими уровнями весеннего половодья и высшими уровнями зимнего периода сократилась в бассейне р. Западная Двина на 70–125 см, в бассейне р. Неман на 25–76 см, в бассейне р. Западный Буг на 5–18 см, в бассейне р. Днепр на 37–177, в бассейне р. Припять на 17–89 см.

Повторяемость случаев, когда высшим уровнем за год становился высший уровень зимнего паводка увеличилась повсеместно, но наибольшая повторяемость таких случаев

отмечена в бассейнах рр. Неман, Западный Буг и Припять. Также увеличение числа случаев высшего за год зимнего уровня коснулось в большей степени средних и малых рек, а на наиболее крупных реках высший уровень весеннего половодья в большинстве лет оставался высшим за год.

Так, в бассейне р. Западная Двина от начала наблюдений до периода изменения климата (до 1988 г.) отсутствовали случаи, когда высший уровень воды за год сформировался в зимний паводок. В период 1989–2015 гг. непосредственно на р. Западная Двина отмечен единственный такой случай в 2014 г., а на притоках по 2–3 случая в разные годы.

В бассейне р. Неман повторяемость высшего уровня за год, сформированного в время зимнего паводка увеличилась более значимо: в течение периода от начала наблюдений до 1988 г. повторяемость таких случаев в пределах рассматриваемого бассейна составляла от 0 до 9 случаев на разных реках. В период заметного изменения климата (1989–2015 гг.) число случаев возросло до 2–16. При этом климатические изменения на территории Беларуси проявляются с 70-х годов прошлого столетия, и с 90-х стали более выраженными. Поэтому при аналогичных расчетах для периода от начала наблюдений до 1970 г. повторяемость высшего уровня за год, сформированного во время зимнего паводка составляла от 0 до 4 случаев, а в период 1971–2015 гг. их повторяемость увеличилась до 4–18 случаев, из них на средних и малых реках она составила 12–18 случаев.

В бассейне р. Днепр на крупных реках случаи высшего уровня за год, сформированного во время зимнего паводка в период от начала наблюдений до 1988 г. не зафиксированы; в период изменения климата (1989–2015 гг.) отмечено по одному случаю на всех реках бассейна. Для большинства средних и малых рек значимая тенденция изменения отсутствует.

В бассейне р. Припять изменение повторяемости случаев, когда высшим уровнем за год становился высший уровень зимнего паводка произошло значительно по сравнению с остальными речными бассейнами. В период от начала наблюдений до 1988 г. такие случаи отмечались от 0 до 3 раз на разных реках, в период 1989–2015 гг. частота увеличилась до 6–11 раз, т.е. практически каждые 2–3 года.

Также участились случаи формирования опасного высокого уровня воды, при котором происходит затопление прибрежных территорий в зимний период. Так, в самом паводкоопасном регионе – бассейне р. Припять выдающиеся (повторяемостью 1 раз в 55–100 лет) зимние паводки отмечены в 1974–1975, 1980–1981, 1998–1999; большие (повторяемостью 10–50 лет) – в 1947–1948, 1992–1993, 1993–1994, 1997–1998, 1999–2000, 2002–2003, 2008–2009, 2009–2010, 2010–2011, 2012–2013 гг. Наибольшее количество случаев формирования опасного уровня во время зимнего паводка приходится на период изменения климата.

Заключение. Происходящие климатические изменения, наиболее выраженные в зимний сезон, обусловили изменение структуры характерных уровней холодного периода года. Более частыми стали случаи, когда высшим в году являлся уровень, сформированный в период зимнего паводка, а не весеннего половодья. Наиболее значительные изменения зафиксированы в бассейне рек Неман, Западный Буг и Припять, где повторяемость таких случаев увеличилась и составляет каждые 3–5 лет. Наиболее значимые изменения зафиксированы на средних и малых реках всех речных бассейнов.

Список использованных источников

1 Гидрологический мониторинг Республики Беларусь. / под ред. А.И. Полищука, Г.С. Чекана – Мн.: Кнігазбор, 2009. – 260 с.

2 Мельник, В. И. Особенности изменения климата на территории Республики Беларусь за последние десятилетия / В. И. Мельник, Е. В. Комаровская // Научно-методическое обеспечение деятельности по охране окружающей среды: проблемы и перспективы : сборник научных трудов – Мн.: "БелНИЦ "Экология", 2011. – С. 77–84.

3 Стихийные гидрометеорологические явления на территории Беларуси: справочник / Г.С. Чекан, Ф.М. Ошеров, Л.А. Некрасова, И.С. Данилович; под ред. М.А. Гольберга. – Мн.: БелНИЦ Экология, 2002. – 132 с.

4 Логинов, В.Ф. Весенние половодья на реках Беларуси: пространственно-временные колебания и прогноз / В.Ф. Логинов, А.А. Волчек, Ан.А. Волчек – Мн.: Беларуская навука, 2014. – 244 с.

М.Е. Нагибина

Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» Республики Беларусь

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Гидрология представляет собой науку, исследующую формирование и распространение вод на Земле. Изменение климата и, как следствие, тенденция изменения естественных водных ресурсов выдвинули гидрологию на ведущую роль при решении многих проблем, связанных с окружающей средой: с наводнениями и засухой, а также с загрязнением вод.

Мировые статистические данные свидетельствуют о том, что количество природных опасных явлений в мире растет. Общее количество оповещений о них общественности к концу прошлого столетия заметно увеличилось, в том числе и о неблагоприятных воздействиях опасных явлений гидрологического характера.

Общепризнанно, что фундаментальным необходимым условием для обеспечения готовности к опасным явлениям природного характера, т.е. повышения осведомленности о них и принятия решений на национальном и региональном уровнях является наличие хорошо функционирующей системы заблаговременных предупреждений, которая может предоставлять точную информацию по территории, подвергающейся риску, своевременно.

В Беларуси официальным органом, обеспечивающим гидрологическую безопасность страны, является Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», который осуществляет информационную деятельность, направленную на минимизацию экономических и социальных потерь, что является одним из важнейших элементов государственной стратегии в достижении устойчивого развития экономики.

Виды предоставляемой оперативной аналитической и прогностической гидрологической информации:

- бюллетени, доклады, справки и консультации;
- прогнозы максимальных уровней воды весеннего половодья на реках;
- прогнозы весеннего притока воды в водохранилища;
- прогнозы минимальных уровней воды на реках в навигационный период;
- прогнозы сроков ледообразования осенью и вскрытия рек весной.

Виды предоставляемой режимной гидрологической информации:

- расчетные максимальные (минимальные) уровни (расходы) воды различной вероятности превышения;
- гидрографические и морфологические характеристики речных бассейнов;
- характеристики твердого стока рек;
- характеристики гидрологической изученности;
- ледовый режим рек;
- гидрологические характеристики рек.

Информация о воде является экономически эффективной, а информация об опасных явлениях на реках крайне необходимой для различных отраслей экономики и населения.

К опасным гидрологическим явлениям на территории Республики Беларусь относятся высокие и низкие уровни воды, раннее наступление ледостава и появление льда на реках. Высокие уровни воды в реках могут быть источником опасности тогда, когда реки выходят из берегов, происходит затопление обширных территорий, т.е. наблюдаются наводнения. Низкие уровни воды в реках могут осложнять водохозяйственную деятельность и ухудшать условия навигации по рекам, также могут способствовать ухудшению экологического состояния рек. Раннее ледообразование может вызвать повреждение плавающих судов и вынужденную зимовку их в неплановых пунктах, а также может создать закупорку водозаборного или водосбросного устройства и тем самым нарушить нормальную работу предприятия.

Обеспечение гидрологической аналитической и прогностической информацией с целью своевременного доведения ее до потребителей основывается на оперативных гидрологических данных, поступающих ежедневно с гидрологических постов, расположенных на территории Республики Беларусь и на территории сопредельных государств (Российская Федерация, Украина, Литовская Республика, Латвийская Республика, Республика Польша), т.к. большинство рек, протекающих по территории нашей страны, являются трансграничными. В оперативном режиме обрабатывается гидрологическая информация по 136 постам, а также метеорологическая по 156 и снегомерная по 129 пунктам наблюдений. Полный объем оперативных гидрометеорологических данных по длине реки необходим для мониторинга гидрологического режима водных объектов.

Исторические данные гидрологических наблюдений на реках территории Беларуси свидетельствуют о влиянии на гидрологический режим рек географического положения конкретной реки и ее притоков и вместе с этим – хозяйственная деятельность: строительство водохранилищ в бассейне реки, как на территории страны, так и за ее пределами, а также осушение болот или переэболачивание местности. Вместе с этим изменение климатических характеристик (увеличение температуры воздуха и изменения в распределении осадков по территории как внутри года, так и в отдельные годы) обусловило изменение внутригодового распределения стока: увеличение стока в зимний период, снижение стока в весенний и летне-осенний периоды. Данные гидрологических наблюдений за последние 10 лет свидетельствуют о том, что при чередовании многоводных и маловодных лет отмечается тенденция к уменьшению поверхностных водных ресурсов.

Проанализировав данные гидрологических наблюдений за период 2007–2016 гг. стало очевидным преобладание лет с низкими уровнями воды в результате уменьшения стока в период летне-осенней межени.

Водный режим рек в 2015 году был особенным, практически на всех гидрологических постах наблюдались экстремально низкие уровни воды, их минимальные значения были ниже многолетних или близки к ним. В результате мелководья образовались прибрежные отмели и большие острова в руслах рек и в водоемах, что способствовало ухудшению их экологического состояния и негативному воздействию на водные биоресурсы, осложнению водохозяйственной деятельности, а также прекращению навигации продолжительное время по всем рекам в летне-осенний период года. Водность рек в 2016 году по сравнению с 2015 годом несколько увеличилась, однако оставалась значительно ниже нормы. В результате чего на отдельных участках рек отмечались прибрежные отмели, сохранялись опасно низкие уровни воды для судоходства продолжительное время, на протяжении мая-августа отмечался дефицит воды в русловых и наливных водохранилищах, а также и в рыбоводных прудах, в них горизонты воды находились ниже минимально допустимых значений.

Лидером по продолжительности стояния опасно низких уровней воды в реках для судоходства был 2015 год. В целом маловодность рек последних лет и продолжительное нахождение уровней воды ниже проектных отметок на внутренних путях оказали негативное влияние на судоходство, снижая его эффективность. При установлении низких уровней воды ухудшались характеристики внутренних водных путей, так как отмечались активные русловые процессы, и происходило переформирование ложа реки. В результате деформировался судовой ход. Перечисленные явления имели накопительный характер и приводили к деградации русел рек. Комплекс путевых работ, осуществляемых организациями водного транспорта с целью предотвращения развития негативных русловых процессов и снижения негативных последствий маловодных периодов, не позволил в достаточной мере обеспечить принятые международные обязательства на внутренних водных путях.

Опасные высокие уровни воды за исследуемый период наблюдались не ежегодно, лишь в ряде лет с 2010 по 2013 годы. Однако негативные последствия от весенних наводнений были ощутимы как для населения, так и для различных отраслей экономики. Оказались затопленными отдельные постройки в прибрежных районах вдоль русел рек, хозяйственные объекты и частные дома, некоторые участки автомобильных дорог и мостов. Лидером по высоте паводка и его продолжительности, по количеству пунктов наблюдений с опасно высокими уровнями воды в реках был 2013 год.

Интенсивно осуществляемая на территории Республики Беларусь хозяйственная и производственная деятельность требует тщательного учёта исторических данных наблюдений за

всеми видами опасных гидрологических явлений с целью предотвращения и уменьшения ущерба от их последствий. Для обеспечения соответствующей гидрологической информацией планирующих органов всех уровней, органов Министерства по чрезвычайным ситуациям и других аварийно-спасательных служб, а также специалистов в области гидрологии в Белгидромете составляется «Каталог опасных гидрологических явлений на реках территории Беларуси» и пополняется по мере возникновения опасных гидрологических явлений.

Таблица 1 – Минимальные уровни воды рек за 2007–2016 гг.

| Река – Пост | Минимальные уровни воды на гидрологических постах, где наблюдались опасные низкие уровни воды для судоходства (см над нулем поста) | | | | | | | | | |
|---|--|----------|----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
| Западная Двина – Сураж | 46 | – | – | 42 | 53 | – | 53 | 23 | 19 | – |
| Западная Двина – Витебск | 25 | – | – | 16 | 31 | 71 | 28 | –4 | –12 | –9 |
| Западная Двина – Полоцк | 126 | – | – | 123 | 146 | – | 133 | 118 | 104 | 131 |
| Неман – Гродно | 56 | – | – | – | 63 | 30 | 59 | 32 | 11 | 38 |
| Днепр – Могилев | 9 | – | – | 2 | 19 | 22 | 13 | –13 | –23 | 3 |
| Днепр – Жлобин | 45 | – | – | 36 | 49 | 56 | 43 | 9 | –14 | 21 |
| Днепр – Речица | 20 | – | – | 40 | 45 | 44 | 38 | 7 | –28 | 8 |
| Днепр – Лоев | – | – | – | – | – | – | – | – | 18 | – |
| Березина – Борисов | 34 | – | – | 71 | 59 | 31 | 42 | 30 | 8 | 34 |
| Березина – Светлогорск | – | – | – | – | 398 | 383 | 390 | 370 | 341 | 356 |
| Сож – Гомель | 47 | – | – | 12 | 57 | 48 | 25 | 1 | –27 | –9 |
| Припять – Черничи | – | – | – | – | – | – | – | – | 156 | 135 |
| Припять – Мозырь | – | – | – | – | – | – | – | 69 | –21 | –7 |
| Пина – Пинск | 99 | – | – | 113 | 100 | 90 | 107 | 99 | 52 | 87 |
| Количество постов, на которых наблюдались опасные низкие уровни воды для судоходства | 10 | – | – | 9 | 11 | 9 | 11 | 12 | 14 | 12 |

Примечание: «–» – уровни воды в реках не достигали опасных значений для судоходства

Таблица 2 – Продолжительность стояния опасных низких уровней воды на реках для судоходства в период летне-осенней межени 2007–2016 гг.

| Река – Пост | Продолжительность стояния опасных низких уровней воды на реках для судоходства (дней) | | | | | | | | | |
|---|--|----------|----------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
| Западная Двина – Сураж | 70 | – | – | 34 | 11 | – | 35 | 140 | 165 | – |
| Западная Двина – Витебск | 127 | – | – | 81 | 111 | 1 | 102 | 177 | 183 | 74 |
| Западная Двина – Полоцк | 84 | – | – | 31 | 7 | – | 78 | 136 | 171 | 21 |
| Неман – Гродно | 63 | – | – | – | 27 | 82 | 31 | 68 | 151 | 85 |
| Днепр – Могилев | 183 | – | – | 153 | 178 | 98 | 161 | 176 | 183 | 136 |
| Днепр – Жлобин | 175 | – | – | 130 | 150 | 82 | 122 | 177 | 183 | 122 |
| Днепр – Речица | 172 | – | – | 76 | 126 | 77 | 96 | 159 | 183 | 118 |
| Днепр – Лоев | – | – | – | – | – | – | – | – | 106 | – |
| Березина – Борисов | 171 | – | – | 13 | 136 | 120 | 124 | 145 | 173 | 146 |
| Березина – Светлогорск | – | – | – | – | 21 | 60 | 57 | 142 | 177 | 139 |
| Сож – Гомель | 156 | – | – | 145 | 140 | 93 | 141 | 177 | 183 | 174 |
| Припять – Черничи | – | – | – | – | – | – | – | – | 50 | 71 |
| Припять – Мозырь | – | – | – | – | – | – | – | 70 | 169 | 121 |
| Пина – Пинск | 139 | – | – | 19 | 146 | 132 | 68 | 133 | 183 | 183 |
| Количество дней с опасными низкими уровнями воды для судоходства | 1341 | – | – | 682 | 1053 | 745 | 1015 | 1700 | 2260 | 1390 |

Примечание: «–» – уровни воды в реках не достигали опасных значений для судоходства

Таблица 3 – Максимальные уровни воды рек за 2007–2016 гг.

| Река – Пост | Максимальные уровни воды по гидрологическим постам, где исторически наблюдались опасные высокие уровни воды (см над нулем поста) | | | | | | | | | |
|--|--|------|------|-----------|----------|----------|-----------|------|------|------|
| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
| Западная Двина – Сураж | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Западная Двина – Витебск | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Западная Двина – Улла | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Западная Двина – Полоцк | – | – | – | 1084 | – | – | 1100 | – | – | – |
| Западная Двина – Верхне-двинск | – | – | – | 1064 | 925 | 846 | 1098 | – | – | – |
| Улла – Бочейково | – | – | – | 672 | – | – | – | – | – | – |
| Оболь – Оболь | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Дисна – Шарковщина | – | – | – | – | – | – | 778 | – | – | – |
| Неман – Столбцы | – | – | – | 275 | – | – | 262 | – | – | – |
| Неман – Мосты | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Неман – Гродно | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Щара – Слоним | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Вилия – Вилейка | – | – | – | – | – | – | 185 | – | – | – |
| Мухавец – Брест | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Днепр – Орша | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Днепр – Могилев | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Днепр – Жлобин | – | – | – | 429 | – | – | 461 | – | – | – |
| Днепр – Речица | – | – | – | 460 | – | – | 461 | – | – | – |
| Днепр – Лоев | – | – | – | 588 | – | – | 623 | – | – | – |
| Друть – Городище | – | – | – | 351 | – | 320 | 378 | – | – | – |
| Березина – Борисов | – | – | – | 307 | – | – | – | – | – | – |
| Березина – Березино | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Березина – Бобруйск | – | – | – | 364 | – | – | 340 | – | – | – |
| Березина – Светлогорск | – | – | – | 705 | – | – | – | – | – | – |
| Свислочь – Теребуты | – | – | – | 576 | 468 | 450 | 554 | – | – | – |
| Сож – Кричев | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Сож – Славгород | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Сож – Гомель | – | – | – | 589 | – | 562 | 661 | – | – | – |
| Вихра – Мстиславль | – | – | – | 485 | 471 | 479 | 524 | – | – | – |
| Проня – Летяги | – | – | – | 429 | 372 | 383 | 411 | – | – | – |
| Беседь – Светиловичи | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Ипуть – Добруш | – | – | – | 457 | – | 468 | 503 | – | – | – |
| Припять – Пинск | – | – | – | 277 | 295 | – | 302 | – | – | – |
| Припять – Черниччи | – | – | – | 549 | 548 | – | 587 | – | – | – |
| Припять – Петриков | – | – | – | 826 | 829 | – | 878 | – | – | – |
| Припять – Мозырь | – | – | – | 513 | – | – | 622 | – | – | – |
| Припять – Наровля | – | – | – | – | – | – | 528 | – | – | – |
| Пина – Пинск | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Ясельда – Сенин | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Цна – Дятловичи | – | – | – | 255 | – | – | 259 | – | – | – |
| Горынь – Малые Викоровичи | – | – | – | – | – | – | 564 | – | – | – |
| Случь – Ленин | – | – | – | 268 | – | – | 267 | – | – | – |
| Ствига – Коротиччи | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Уборть – Краснобережье | – | – | – | – | – | – | 345 | – | – | – |
| Птичь – Лучицы | – | – | – | – | – | – | 373 | – | – | – |
| Количество постов, на которых наблюдались опасные высокие уровни воды | | | | 22 | 7 | 7 | 25 | | | |

Примечание: «–» – уровни воды в реках не достигали опасных высоких значений

Таблица 4 – Продолжительность стояния опасных высоких уровней воды на реках за 2007–2016 гг.

| Река – Пост | Продолжительность стояния опасных высоких уровней воды на реках (дней) | | | | | | | | | |
|--|--|------|------|------------|------------|------------|------------|------|------|------|
| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
| Западная Двина – Полоцк | – | – | – | 6 | – | – | 6 | – | – | – |
| Западная Двина – Верхнедвинск | – | – | – | 18 | 9 | 5 | 15 | – | – | – |
| Улла – Бочейково | – | – | – | 6 | – | – | – | – | – | – |
| Дисна – Шарковщина | – | – | – | – | – | – | 10 | – | – | – |
| Неман – Столбцы | – | – | – | 8 | – | – | 9 | – | – | – |
| Вилия – Вилейка | – | – | – | – | – | – | 5 | – | – | – |
| Днепр – Жлобин | – | – | – | 9 | – | – | 17 | – | – | – |
| Днепр – Речица | – | – | – | 2 | – | – | 3 | – | – | – |
| Днепр – Лоев | – | – | – | 12 | – | – | 14 | – | – | – |
| Друть – Городище | – | – | – | 12 | – | 5 | 10 | – | – | – |
| Березина – Борисов | – | – | – | 21 | – | – | – | – | – | – |
| Березина – Бобруйск | – | – | – | 25 | – | – | 21 | – | – | – |
| Березина – Светлогорск | – | – | – | 9 | – | – | – | – | – | – |
| Свислочь – Теребуты | – | – | – | 27 | 9 | 16 | 24 | – | – | – |
| Сож – Гомель | – | – | – | 20 | – | 17 | 19 | – | – | – |
| Вихра – Мстиславль | – | – | – | 13 | 9 | 16 | 12 | – | – | – |
| Проня – Летяги | – | – | – | 22 | 12 | 35 | 16 | – | – | – |
| Ипуть – Добруш | – | – | – | 4 | – | 8 | 14 | – | – | – |
| Припять – Пинск | – | – | – | 12 | 35 | – | 18 | – | – | – |
| Припять – Черничи | – | – | – | 48 | 86 | – | 55 | – | – | – |
| Припять – Петриков | – | – | – | 35 | 73 | – | 62 | – | – | – |
| Припять – Мозырь | – | – | – | 14 | – | – | 48 | – | – | – |
| Припять – Наровля | – | – | – | – | – | – | 7 | – | – | – |
| Цна – Дятловичи | – | – | – | 11 | – | – | 16 | – | – | – |
| Горынь – Малые Викорovichи | – | – | – | – | – | – | 18 | – | – | – |
| Случь – Ленин | – | – | – | 16 | – | – | 17 | – | – | – |
| Уборть – Краснобережье | – | – | – | – | – | – | 17 | – | – | – |
| Птичь – Лучицы | – | – | – | – | – | – | 54 | – | – | – |
| Количество дней с опасными высокими уровнями воды | | | | 350 | 233 | 102 | 507 | | | |

Примечание: «–» – уровни воды в реках не достигали опасных высоких значений

УДК 504.43/45.711.4

Л.Н. Гертман, П.П. Рутковский, И.Ю. Буко

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», Минск

РАЗРАБОТКА КАТАЛОГА ВОДООХРАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Для обеспечения охраны водных объектов и рационального использования природно-ресурсного потенциала одним из действенных организационно-профилактических мероприятий является установление границ водоохраных зон и прибрежных полос (далее – ВЗиПП) и соблюдение режима их использования.

Начиная с 80-ых годов двадцатого столетия, разработка проектов водоохраных зон и прибрежных полос малых рек, водоемов, средних и больших рек на территории Республики Беларусь проводилась на различных правовых, методических и организационных принципах. Для малых рек она осуществлялась на основании Постановлений Совета Министров БССР «Об усилении охраны малых рек от загрязнения, засорения и истощения и о рациональном использовании их водных ресурсов» от 11.12.1980 № 415 и «Об улучшении организации работ по охране малых рек от загрязнения, засорения и истощения» от 21.03.1986 № 86. Методической основой выделения границ водоохраных зон и прибрежных полос являлось «Положение о водоохраных полосах (зонах) малых рек Белорусской ССР» от 18.01.1983 № 18. За топографическую основу были приняты карты М 1:10 000. Проекты водоохраных зон и прибрежных полос малых рек и впадающих в них ручьев были разработаны институтом «Белгипрозем» и его областными филиалами в 1988–1991 гг. и утверждены решениями облисполкомов в 1990–1991 гг.

На малых реках, озерах, прудах и водохранилищах ширина водоохранной зоны принималась в основном равной 500 м от среднемноголетнего меженного уровня воды, а ширина прибрежной полосы устанавливалась от 30 до 100 м.

Проекты водоохраных зон и прибрежных полос больших и средних рек Республики были разработаны РУП «ЦНИИКИВР» в 2002–2005 гг. на картах масштаба 1:50 000 и утверждены решениями облисполкомов.

В настоящее время нормативной базой для разработки проектов служат:

- Водный кодекс Республики Беларусь от 30.04.2014 № 149-З;
- Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» от 26.11.1992 № 1982-ХІІ (в ред. от 16.06.2014 № 161-3);
- Закон Республики Беларусь «О санитарно – эпидемическом благополучии населения» в редакции законов Республики Беларусь» от 7.01.2012 № 340-3;
- Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 4.05.2015 № 18 «О требованиях к разработке проектов водоохраных зон и прибрежных полос» (с изменениями от 17.03.2017 № 9);
- СТБ 17.1.3.06 - 2000 Охрана природы. Гидросфера. Охрана подземных вод от загрязнения. Общие требования;
- СТБ 17.06.03-01-2008 Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Охрана поверхностных вод от загрязнения. Общие требования;
- СТБ 17.06.02-02-2009 Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Классификация поверхностных и подземных вод;
- СанПиН «Требования к проектированию, строительству, капитальному ремонту, реконструкции, благоустройству объектов строительства, вводу объектов в эксплуатацию и проведению строительных работ» и проч.

До 2006 г. заказчиками по разработке проектов ВЗиПП выступали областные комитеты природных ресурсов и охраны окружающей среды, городские, районные инспекции природных ресурсов и охраны окружающей среды, т.е. органы, непосредственно занимающиеся природоохранными мероприятиями. В настоящее время заказчиком по разработке проектов ВЗиПП могут выступать исключительно местные исполнительные и распорядительные органы.

В ходе практического использования проектов выявился ряд недостатков принципиального значения в установлении границ ВЗиПП водных объектов, вступающих в противоречие с современным законодательством и средствами обработки и хранения информации.

1. Проекты ВЗиПП малых рек, озер и водохранилищ Республики Беларусь выполнены на картографической землеустроительной основе М 1:10 000 съемки 1950–1960 годов, которые являются схематичными. Абрисы водных объектов в настоящее время не совпадают с натурными, нанесенными на топографические материалы, что вызывает разночтение в интерпретации границ водоохраных зон и прибрежных полос.

2. Ранее установленные границы ВЗиПП наносились отдельно на картографические материалы различных категорий землепользователей – картосхемы земель лесного фонда, земель сельскохозяйственного пользования, земель сельских советов, населенных пунктов и хранятся порознь в соответствующих ведомствах, что создает трудности в использовании.

3. В ранее выполненных проектах отсутствует единый подход к нанесению границ водоохраных зон и прибрежных полос водных объектов.

4. Для многих водоемов Республики Беларусь в пределах населенных пунктов границы прибрежных полос не наносились, либо наносились по урезу воды водных объектов, что позволяет выделять земельные участки и вести застройку непосредственно у самой воды, зачастую границы прибрежных полос водных объектов нанесены без учета существовавшей застройки.

5. Проекты выполнены на бумажных носителях, т.н. «синьках», срок годности которых 20–25 лет после которых изображение на них теряет цвет, размывается, а иногда просто исчезает. В ходе длительного использования в большинстве случаев бумажные носители, затерлись и пришли в негодность.

В связи с вышеизложенным и в целях реализации пункта 8 статьи 63 Водного кодекса Республики Беларусь, которым определена необходимость приведения в срок до 31 декабря 2020 года существующих проектов водоохраных зон и прибрежных полос в соответствии с требованиями законодательства в рамках выполнения задания 2.1.3 «Разработать каталог водоохраных территорий водных объектов в разрезе административных районов и бассейнов основных рек Республики Беларусь» подпрограммы II «Устойчивое использование природных ресурсов и охрана окружающей среды» Государственной научно-технической программы «Природопользование и экологические риски» на 2016–2020 годы РУП «ЦНИИКИВР» проводятся работы по формированию единой базы проектов водоохраных зон и прибрежных полос Республики Беларусь [3].

Целью данных работ является разработка каталога водоохраных территорий водных объектов в разрезе административных районов и бассейнов основных рек Республики Беларусь.

Каталог составляется по результатам корректировки проектов водоохраных территорий речных бассейнов в разрезе административных районов в соответствии с требованиями Водного кодекса Республики Беларусь от 30.04.2014 № 149-З и Постановления Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 4.05.2015 № 18 «О требованиях к разработке проектов водоохраных зон и прибрежных полос» [1, 2].

Основным назначением водоохраных зон и прибрежных полос водных объектов является предотвращение загрязнения, засорения и истощения водных объектов, сохранение среды обитания объектов животного и произрастания растительного мира. В связи с этим в состав каталога водоохраных территорий должны входить сведения, позволяющие оценивать экологическое состояние, как самих водных объектов, так и территории водоохраных зон и прибрежных полос. В этих целях при определении границ водоохраных территорий определяются источники загрязнения, хозяйственная и другая деятельность которых может оказывать отрицательное воздействие на экологическое состояние, как самих водных объектов, так и прилегающей территории.

Структурная схема каталога водоохраных зон и прибрежных полос водных объектов в разрезе административных районов (бассейнов рек) приведена на рисунке 1.

Каталог состоит из бумажной и электронной версий.

Основными составляющими обеих версий каталога являются картографические материалы, пояснительная записка к проекту в соответствии с требованиями [2].

Пояснительная записка содержит следующие разделы:

- оценка природных условий;
- общие сведения о водном объекте и прилегающей территории;
- гидрологические характеристики водного объекта;
- геологические и гидрогеологические характеристики рассматриваемой территории;
- характеристика землепользования и хозяйственной деятельности на исследуемой территории;

- описание объектов, оказывающих вредное воздействие на экологическое состояние окружающей среды;
- характеристика объектов, расположенных в водоохранных зонах и прибрежных полосах;
- обоснование целесообразности изменения параметров водоохранных территорий;
- допустимые пределы изменения границ водоохранных территорий;
- описание предлагаемых границ водоохранных территорий;
- экспликация земель в водоохранных зонах и прибрежных полосах для межселенных территорий;
- функциональное использование территорий водоохранных зон и прибрежных полос для населенных пунктов;
- состав рекомендуемых мероприятий, направленных на сохранение и восстановление поверхностного водного объекта.

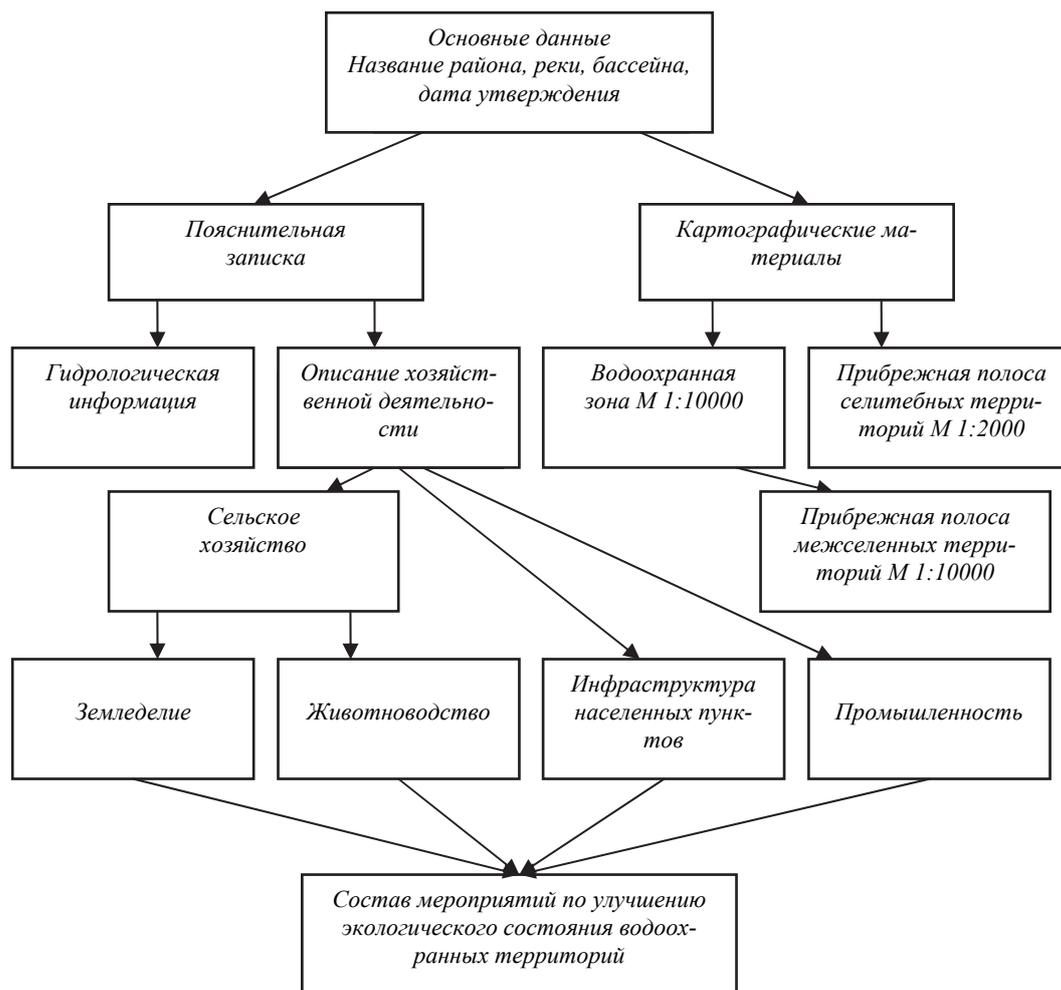


Рисунок 1 – Структурная схема каталога водоохранных зон и прибрежных полос водных объектов

Для удобства пользования справочная информация, вносимая в каталог и получаемая в ходе автоматизированной обработки используемой топографической информации, должна быть систематизирована и структурирована в табличном виде исходя из требований законодательства, в частности [2].

Для оценки структурного соотношения земель водоохранных территорий водного объекта используется форма 1 [2].

В таблице содержатся следующие сведения.

Площадь земель в границах водоохранных территорий:

- в границах водоохранной зоны;
- в границах прибрежной полосы.

Площадь сельскохозяйственных земель, из них:

- пахотные;
- под постоянными культурами;
- луговые;
- лесные;
- под древесно-кустарниковой растительностью (насаждениями);
- под болотами;
- под поверхностными водами;
- под дорогами и транспортными коммуникациями;
- общего пользования (под улицами, площадями);
- под застройкой;
- нарушенные;
- неиспользуемые;
- иные.

Наличие сведений, содержащихся в форме 1, служит основой определения степени антропогенной нагрузки для водного объекта, разработки решений по составлению правил хозяйствования в пределах водоохранных территорий, определения путей улучшения экологического состояния территории.

В ходе анализа разработанных проектов водоохранных территорий установлено, что основными источниками загрязнения водных объектов, являются: машинно-тракторные мастерские, склады минеральных удобрений и ядохимикатов, автозаправочные станции, объекты животноводства, летние лагеря содержания крупного рогатого скота, полигоны твердых коммунальных отходов и проч.

Характер воздействия на водные объекты проявляется в различных формах и оказывает негативное воздействие на водные объекты. Так, мастерские по ремонту техники, машинно-тракторные дворы оказывают влияние, как в виде захламления территории отходами производства (металлоломом), так и загрязнением поверхностного стока нефтепродуктами. Загрязнения нефтепродуктами могут вызывать и заправочные станции.

Объекты животноводства (комплексы и фермы, лагеря летнего содержания скота) являются источниками загрязнения водных объектов биогенными веществами. Кроме того, по бактериальным показателям стоки объектов животноводства относятся к сильнозагрязненным.

Загрязнение водных объектов происходит при несоблюдении технологии хранения навоза, в результате неорганизованного поверхностного стока с территории животноводческих комплексов, при смыве с полей, удобренных навозом, особенно при внесении последнего на замерзшую почву, при расположении объектов животноводства на водоохранных территориях.

Представление характеристик объектов, расположенных в водоохранных территориях производится по форме 2 [2].

Оценка соответствия объектов режиму хозяйствования в границах водоохранных территорий принимается в соответствии со статьями 53 и 54 Водного кодекса [1].

В проектах водоохранных зон и прибрежных полос для потенциально опасных объектов в обязательном порядке разрабатываются мероприятия для снижения негативного воздействия на окружающую среду в целом и в частности на водные объекты. К основным рекомендуемым объектным мероприятиям относятся:

- обвалование объекта: ограждение объекта земляными дамбами, высота которых зависит от уровня режима реки в маловодный период, рекомендуется для защиты от затопления территории объекта паводковыми водами;

- вынос объекта за пределы водоохранной зоны и прибрежной полосы рекомендуется при нецелесообразности использования объекта;

- перепрофилирование объекта рекомендуется при наличии помещений, находящихся в хорошем техническом состоянии, но использование их по старой технологии оказывает негативное воздействие на водные объекты;

– устройство типового покрытия в виде асфальтирования всей или части территории объекта для предотвращения попадания в грунтовые воды нефтепродуктов, животноводческих стоков и др.

Перечень объектных мероприятий отражается в форме 3 [2].

Периодический контроль за состоянием объектов, расположенных на водоохраных территориях, рекомендуется для организаций, которые работают в сезонном режиме, а систематический – для постоянно действующих.

Справочная информация о площадях различных функциональных зон водоохраных территорий в населенных пунктах представляется в форме 4 [2].

Площадь в границах водоохраных зон и прибрежных полос должна быть приведена для следующих функциональных зон:

- многоквартирная жилая застройка;
- усадебная жилая застройка, дачи;
- общественные территории (застройка общественных центров, учебных, лечебно-оздоровительных объектов и другое);
- производственные территории (промышленная и коммунально-складская территория);
- территория транспортной инфраструктуры (улицы, железные дороги, объекты внутреннего водного транспорта, гаражи, автостоянки);
- территории инженерной инфраструктуры (объекты и коммуникации различных инженерно-технических систем);
- ландшафтно-рекреационные территории, в том числе: озелененные территории ограниченного пользования и специального назначения (кладбища, питомники, берегоукрепительные полосы и другое); природные озелененные территории (луга, сенокосы, пастбища, сады, леса, болота и другое);
- территории под поверхностными водными объектами.

Данные каталога водоохраных зон и прибрежных полос будут являться компонентом разрабатываемой в РУП «ЦНИИКИВР» информационной системы «Государственный водный кадастр».

Предполагается создать отдельную программную оболочку позволяющую:

1. Обеспечить выбор водного объекта, для которого существуют разработанные проекты водоохраных зон и прибрежных полос.
2. Для выбранного водного объекта представить наборы информации в виде таблиц и графического материала с двумя различными уровнями доступа.

Первичный уровень доступной информации содержит информацию о наличии утвержденного проекта ВЗ и ПП или корректировки ВЗ и ПП.

Второй уровень доступа – для Минприроды и территориальных органов, экологической экспертизы, РУП «ЦНИИКИВР» – обеспечивает автоматизированный доступ к информации пояснительной записки и возможность получать PDF-файл с планово-картографическим материалом.

Третий уровень доступа позволяет работать с геоинформационной системой ArcGis с соответствующими слоями ЗИС и возможностью работы и уточнения параметров ВЗ и ПП.

Для наполнения каталога водоохраных территорий и его апробации проведены работы о корректировке ВЗиПП ряда административных районов Брестской области, на основе и с использованием утвержденных проектов водоохраных зон и прибрежных полос которых уже формируется вышеописанный каталог.

Список использованных источников

- 1 Водный кодекс Республики Беларусь от 30.04.2014 № 149- З.
- 2 Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 4.05.2015 № 18 «О требованиях к разработке проектов водоохраных зон и прибрежных полос» (с изменениями от 17.03.2017 № 9).
- 3 Разработать каталог водоохраных территорий водных объектов в разрезе административных районов и бассейнов основных рек Республики Беларусь, этап 1.3: отчет о НИР / ЦНИИКИВР, рук. Рутковский П.П. – № ГР 20163207 – Минск – 2016 – 181 с.

Sergejs Jakovlevs, Sandra Gusta, Eriks Tilgalis
Latvia University of Agriculture

ANALYSIS OF MAXIMUM PRECIPITATION IN THE CENTRAL PART OF LATVIA

Abstract

In this regard, in September 2016, we studied and analysed the maximum amount of three-hour precipitation (mm) in the six cities of the central part of Latvia: Riga, Jelgava, Bauska, Dobele, Jurmala and Ogre. The 1996 to 2016 data were considered. Those were the precipitation data (mm) for the warm period of the year (April to October). However, the data for the cold period (November to March) were also considered. The work concerns: rainwater precipitation (mm), precipitation duration (hours, sec.), maximum volume (mm), intensity ($l \times s^{-1} \times ha^{-1}$) and flows ($m \times s^{-1}$).

Introduction. In recent years, the water of long intense rains can be often seen on roadways in major cities of the world (in lowlands, in corners and near aqueducts, under bridges and in underground tunnels, and near rivers and canals); this creates some danger for both vehicle traffic and pedestrians. A traffic jam is also possible – for example, when a car jams in a large deep puddle. Thereby, the authors see a need for research on the way to deflect the heaviest rainwater flows. As a result of research, recommendations will be submitted to the relevant institutions, such as city administrations of large cities, urban development departments, Riga City Council Traffic Department, the Latvian State Roads, “Roads administration” and others. The experience of the Netherlands, one of the European countries, has been studied and analyzed as an example. Here, one third of the territory is below sea level, and a large amount of precipitation may create a situation of national disaster! In this regard, great attention is paid to disposal and recycling of rainwater and storm water in the Netherlands. The scientists constantly explore, forecast, study and analyze the conditions and reasons for large amounts of precipitation fallout, the critical volume of which can lead to a long-term “paralysis” in many areas of human activity, such as: traffic infrastructure, public transport, passenger transportation, rural activities, construction (both general and utilities), improvement of urban infrastructure, etc. (Jakovlevs S., Gusta S. & Tilgalis E., 2016), (Ziemelnieks R. & Tilgalis E., 2007, 2008, 2009), (Langeveld, J.G. et al., 2016), (Boogaard F.C., Van de Ven, F.H.M. & Palsma A.J., 2008), (Kluck J. et al., 2010, 2015), (Govert D. Geldof & Floris Boogaard, 2011).

Materials and methods. The 1996 to 2004 data were obtained from the paper files from the archive of the Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre, whereas the 2005 to 2016 data were obtained from the electronic database of the Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre (LEGMC, 2016).

The data were obtained for the entire period for the city of Riga. The 2005 to 2016 data were obtained from the weather station “Riga-Universitate”. For the city of Jelgava, the data were obtained from the weather station “Kalnciems” as of November 1, 2002. For the city of Bauska, no data were obtained in 2009, 2010 and 2015, since the weather station was out of service from March 9, 2009, to September 30, 2011, as well as from April 2, 2015, to December 31, 2015. For the city of Dobele, the data were obtained for the entire period. For the city of Jurmala, the 2005 to 2016 data are missing, because the weather station stopped its operation in 2005. For the city of Ogre, the amount of rainfall was being registered from 2000 to 2014 by the Lielpechi weather station. In 2014, the station stopped its operation, therefore, there are no data for 2014, 2015 and 2016 (LEGMC, 2016).

Table 1 – Maximum 3h precipitation amount (mm) in cities in the central part of Latvia from 1996 to 2016 (LEGMC, 2016)

| No. | Year | City | | | | | |
|-----|------|--|--------------|---|--------------|--------------|--------------|
| | | Riga | Jelgava | Bauska | Dobele | Jurmala | Ogre |
| 1 | 1996 | 36,7 | 21,3 | 20,3 | 22,7 | 28,7 | 35,5 |
| 2 | 1997 | 16,0 | 26,7 | 36,8 | 18,1 | 21,2 | 30,2 |
| 3 | 1998 | 32,3 | 43,2 | 54,2* | 40,8 | 32,1 | 46,5 |
| 4 | 1999 | 25,3 | 28,5 | 18,0 | 19,8 | 20,9 | 16,2 |
| 5 | 2000 | 27,4 | 19,1 | 17,6 | 16,7 | 68,7* | 18,7 |
| 6 | 2001 | 31,8 | 31,8 | 44,1 | 34,8 | 31,5 | 20,4 |
| 7 | 2002 | 24,2 | 23,1 | 19,1 | 22,5 | 22,8 | 14,5 |
| 8 | 2003 | 14,5 | 20,1 | 25,2 | 14,3 | 18,9 | 31,1 |
| 9 | 2004 | 17,3 | 29,7 | 25,7 | 31,7 | 18,3 | 24,7 |
| 10 | 2005 | 47,2* | 42,4 | 26,2 | 35,8 | – | 23,9 |
| 11 | 2006 | 20,0 | 22,2 | 14,3 | 39,6 | – | 19,3 |
| 12 | 2007 | 23,5 | 39,7 | 31,2 | 30,7 | – | 35,6 |
| 13 | 2008 | 14,4 | 22,7 | 16,2 | 12,5 | – | 18,6 |
| 14 | 2009 | 36,1 | 43,7 | – | 38,4 | – | 20,5 |
| 15 | 2010 | 32,3 | 50,2 | – | 44,2* | – | 34,2 |
| 16 | 2011 | 34,2 | 68,7* | 12,5 | 28,2 | – | 49,4* |
| 17 | 2012 | 28,2 | 22,4 | 19,3 | 28,8 | – | 34,6 |
| 18 | 2013 | 29,6 | 24,2 | 13,2 | 21,3 | – | 29,9 |
| 19 | 2014 | 41,4 | 39,2 | 15,5 | 32,7 | – | – |
| 20 | 2015 | 38,2 | 52,2 | – | 22,2 | – | – |
| 21 | 2016 | 39,1 | 35,7 | 17,6 | 30,9 | – | – |
| | | * – Maximum precipitation, mm x 3h ⁻¹ ; | | -- No data, weather station out of service. | | | |

As seen in Table 1, the maximum amount of three-hour rain precipitation in Riga, 47.2 mm, was registered on July 30, 2005, from 18:00 to 21:00. In Jelgava, the maximum amount of three-hour rain precipitation, 68.7 mm, was registered on August 20, 2011, from 06:00 to 09:00. In Bauska, the 54.2 mm rainfall was registered on July 12, 1998, from 00:00 to 03:00. In Dobele, the maximum amount of three-hour rain precipitation, 44.2 mm, was registered on July 18, 2010, from 15:00 to 18:00. In Jurmala, heavy rainfall of 68.7 mm was registered on September 5, 2000, during the night. Ogre saw 49.4 mm of rainfall on July 28, 2011, from 18:00 to 21:00 (LEGMC, 2016). The table also shows a large amount of rainfall (35.0 to 45.0 mm) in cities in the central part of Latvia from 1996 to 2016.

In this work, the following research methods were used: Statistical Procession of Research Data; Data analysis; Statistical analysis; Development of a curve for rainfall rates maximum duration with diverse probabilities.

Once the data on rainfall in the central part of Latvia are studied and analyzed, the authors can conclude that the maximum precipitation here falls, as a rule, from July to August (rarer, from June to September). Very rarely, the maximum amount of rain falls in May. Usually, heavy rains fall in the evening or/and in the night (LEGMC, 2016).

Results and discussion. Based on the above data, we can draw a Figure 1 showing the actual three-hour rainfall and the mathematically calculated repeatability of maximum rainfall (1 to 99%). The calculated repeatability shows how often the maximum amount of precipitation falls (from once a year to once in a hundred years). It is a rather satisfactory result obtained from this work, because the global climate changes are very transient, and there will be certainly more accurate and recent data by other scientists and researchers (Latvian Building Code LBN 223-15, 2015).

Then we also have to consider drawing Figure 2 and a logarithmic scale of the recurrence rate of 0.01 to 100.0.

This logarithmic scale shows theoretically how much precipitation may fall during the three-hour period once a year, once every ten years, once every 100 years, once every 1000 years and once in 10,000 years.

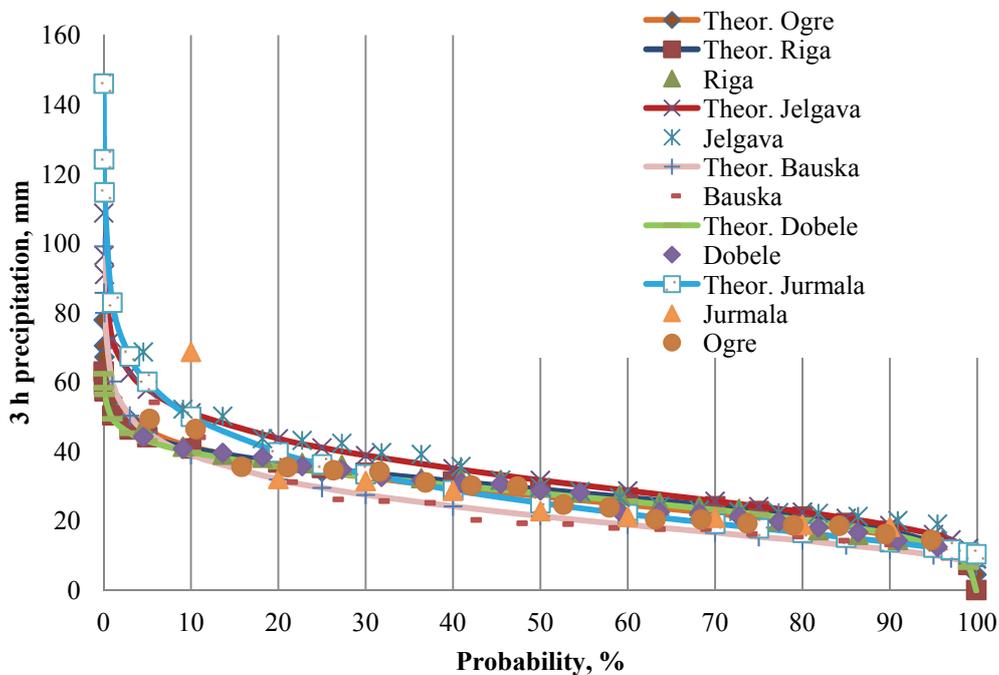


Figure 1 – Maximum 3h precipitation duration curves

For example, according to Figure 2, we can see that 51.15 mm of precipitation may fall potentially in Jelgava once in ten years, the amount of 72.37 mm may fall once in 100 years, 91.02 mm of rain may fall once in 1000 years, and the three-hour rainfall of 108.74 may occur once in 10,000 years.

And for the city of Riga, this probability is: 50.46 mm – once in a hundred years, 57.40 mm – once in a thousand years, and the possibility of 63.03 mm amount of rainfall may occur only once in 10,000 years.

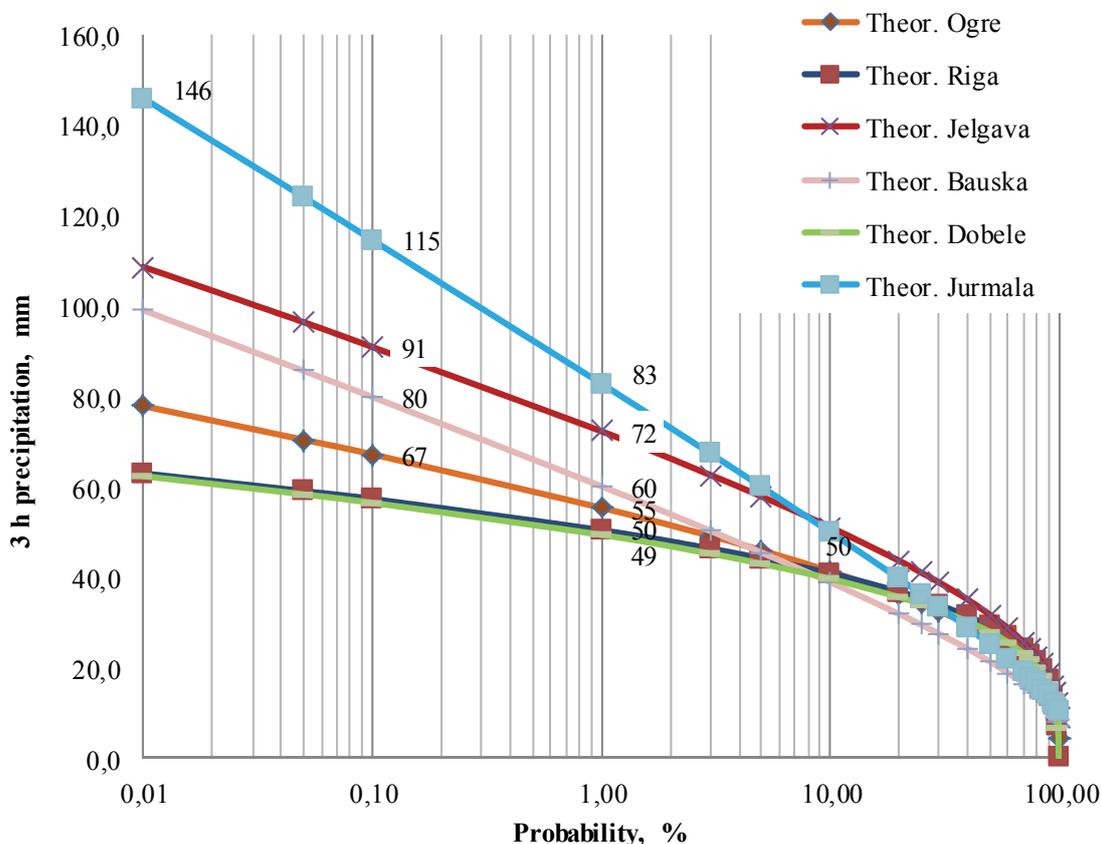


Figure 2 – Maximum precipitation duration curves on a logarithmic scale

But for Jurmala, there is a probability of 146.05 mm – once in 10,000 years, 114.71 mm – once in 1000 years, and 82.91 mm – once in 100 years, etc.

Table 2 shows the detailed data of cities and the % probability of the possible amount of a three-hour rainfall in mm.

According to Figure 3, duration of rain within the considered three-hour period was 180 minutes (from 2:40 to 5:40), and the second period of greatest intensity lasted 115 minutes (3:05 to 05:00). The maximum intensity "flash" was $2.6 \text{ mm} \times \text{min}^{-1}$ at 03:10 (LEGMC, 2016).

By mathematically calculating the average intensity of precipitation, one gets $I = 14.2 \text{ mm} \times 180 \text{ min}^{-1} (3 \text{ h}) = 0,079 \text{ mm} \times \text{min}^{-1}$ that significantly differs from the observed maximum intensity $2.6 \text{ mm} \times \text{min}^{-1}$ (Figure 3). After analysing hydrographs of rainfall intensity in other cities, we obtained similar results and concluded that we must use in calculations the rainfall amount in mm during a 3-hour period and that the use of these calculations to determine maximum amounts for a 20-minute period requires further careful studies. Currently, weather stations measure the maximum rainfall intensity only every 3 hours. Our future task is to develop a new method for calculation of maximum rainwater by using the available observations made by weather stations every 3 hours.

Table 2 – The % probability of the possible amount of a three-hour rainfall in mm for cities in the central part of Latvia.

| No. | Probability, % | City | | | | | |
|-----|-------------------|------|---------|--------|--------|---------|------|
| | | Riga | Jelgava | Bauska | Dobele | Jurmala | Ogre |
| 1 | 0,01 | 63,0 | 108,7 | 99,1 | 62,4 | 146,1 | 77,9 |
| 2 | 0,05 | 59,1 | 96,5 | 85,7 | 58,4 | 124,2 | 70,5 |
| 3 | 0,1 | 57,4 | 91,0 | 79,9 | 56,5 | 114,7 | 67,2 |
| 4 | 1 | 50,5 | 72,4 | 60,2 | 49,4 | 82,9 | 55,4 |
| 5 | 3 | 46,4 | 62,7 | 50,3 | 45,3 | 67,4 | 49,2 |
| 6 | 5 | 44,2 | 58,0 | 45,5 | 43,0 | 60,1 | 46,0 |
| 7 | 10 | 40,9 | 51,1 | 38,9 | 39,7 | 50,0 | 41,4 |
| 8 | 20 | 36,8 | 43,7 | 31,9 | 35,7 | 39,7 | 36,1 |
| 9 | 25 | 35,3 | 41,1 | 29,5 | 34,1 | 36,3 | 34,2 |
| 10 | 30 | 33,9 | 38,9 | 27,5 | 32,7 | 33,5 | 32,5 |
| 11 | 40 | 31,4 | 35,1 | 24,2 | 30,2 | 28,8 | 29,6 |
| 12 | 50 | 29,1 | 31,7 | 21,3 | 27,9 | 25,1 | 27,1 |
| 13 | 60 | 26,7 | 28,7 | 18,8 | 25,6 | 21,9 | 24,6 |
| No. | Probability, % | City | | | | | |
| | | Riga | Jelgava | Bauska | Dobele | Jurmala | Ogre |
| 14 | 70 | 24,2 | 25,7 | 16,6 | 23,1 | 19,2 | 22,1 |
| 15 | 75 | 22,8 | 24,1 | 15,3 | 21,8 | 17,9 | 20,8 |
| 16 | 80 | 21,2 | 22,6 | 14,3 | 20,2 | 16,6 | 19,4 |
| 17 | 85 | 19,4 | 20,7 | 12,9 | 18,4 | 15,2 | 17,7 |
| 18 | 90 | 17,1 | 18,7 | 11,7 | 16,2 | 13,9 | 15,8 |
| 19 | 95 | 13,8 | 16,1 | 10,1 | 12,9 | 12,3 | 13,2 |
| 20 | 97 | 11,5 | 14,5 | 9,2 | 10,7 | 11,7 | 11,5 |
| 21 | 99 | 7,3 | 12,1 | 8,0 | 6,7 | 10,9 | 8,7 |
| 22 | 99,9 | 0,1 | 9,0 | 6,9 | -0,2 | 10,4 | 4,5 |

Conclusions.

1 As a result, according to the analysis of the methods of calculating the maximum flow of rainwater and meltwater, the authors can state that the methods require constitutional changes, since the same formulas have been used for 42 years already. But today, we use materials with different properties and structure; we also use new technologies in manufacturing of products and installation of equipment. Moreover, now the technical capabilities of the equipment used at construction sites are really impressive.

2 The methods of calculating the maximum flow of rainwater require changes, since a 20-minute period used nowadays cannot reflect the whole picture of the precipitation intensity; however, the three-hour period reveals more details on the duration of rain intensity and "flashes" of its maximum values. These data can be used to improve sewerage of the rain water collected from the surface of roads, roadways, bridges and aqueducts.

3 Moreover, the study analysis shows another trend: in the last decade, the maximum rainfall (mm) was often registered in September and October. Then, a few decades back, the maximum rainfall was usually observed only in July and August. Could it be caused by global climate changes or by large man-induced cataclysms? We need more research, analyses and calculations to answer this question.

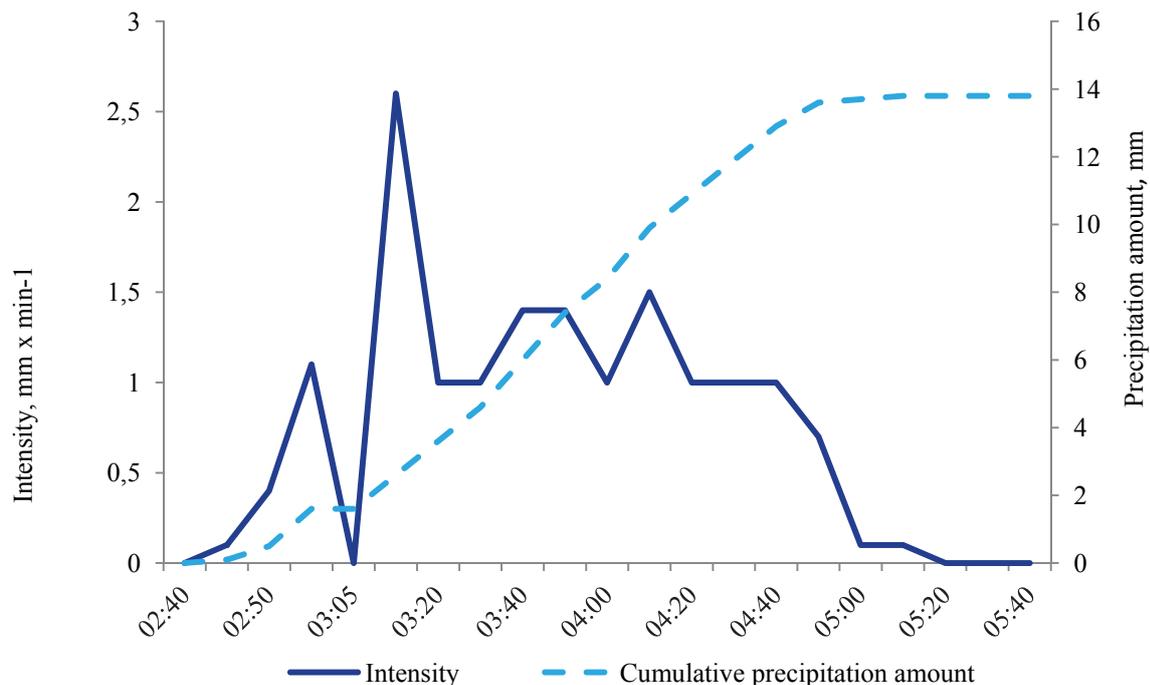


figure 3 – A hydrograph of precipitation amount and intensity in Bauska during a 3-hour period from 02:40 AM to 05:40 AM, 16.08.2008 (LEGMC, 2016).

References

- 1 Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre (LEGMC), September 2016, [www.meteo.lv](http://meteo.lv), from <http://meteo.lv/meteorologija-datu-meklesana/?nid=461>.
- 2 Latvian Building Code LBN 223 – 15 “Structures of Sewage”, Riga, 30th June 2015.
- 3 Jakovlevs S., Gusta S. & Tilgalis E. (2016), VESTNIK, Pskov State University, series “Technical Science”, COMPARISON OF MAXIMAL RAINWATER FLOW CALCULATION METHODS, pp. 95–100, Pskov, 2016, 108 pages.
- 4 Ziemelnieks R., Tilgalis E. Maximum rainfall intensity in Riga. **In:** Rural development 2007: The third international scientific conference proceedings II, Volume 3, Book 2, 8–10 November, 2007, Kaunas, Lithuania, Kaunas: Lithuanian University of Agriculture, pp. 257–260.
- 5 Ziemelnieks R., Tilgalis E. Calculations of lasting rainfall in Riga. **In:** Journal Ecology & Safety: International Scientific publications, Vol. 2, Part 1, 9–13 June 2008, Burgas, Bulgaria. Bulgaria: Info Invest, pp. 24–30.
- 6 Ziemelnieks R., Tilgalis E. Calculation method of rainfall flow rate. **In:** Research for rural development 2009: Annual 15th International Scientific Conference Proceedings, 20–22 May, 2009, Jelgava, Latvia. Jelgava: Latvia University of Agriculture, pp. 315–319.
- 7 Langeveld, J.G. et al., Selection of monitoring locations for storm water quality assessment, Sanitary engineering, Delft University of Technology, P.O. Box 5048, 2600 GA Delft, The Netherlands, 2016.

8 Boogaard F.C., Van de Ven, F.H.M. & Palsma A.J., Dutch guidelines for the design & construction and operation of SUDS, 2008.

9 Kluck J. et al., Modelling and mapping of urban storm water flooding – Communication and prioritizing actions through mapping urban flood resilience, Delft university of Technology. Department of Sanitary Engineering, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, P.O. Box 5048, NL-2600 GA, Delft, the Netherlands, 2010.

10 Kluck J. et al., Storm Water Flooding Amsterdam, from a quick Scan analyses to an action plan, Amsterdam University of Applied Sciences, POBox 102, 1000 BA Amsterdam, The Netherlands, 2015.

11 Govert D. Geldof & Floris Boogaard, Stormwater in existing urban areas, 2011.

УДК 502.3

И.В. Войтов, д-р техн. наук¹; А.П. Ткаченко²;
М.М. Черепанский; д-р г.м. наук, ст. науч. сотр.³; С.В. Сушко⁴

¹ – Белорусский государственный технологический университет,

² – Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

³ – Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе,

⁴ – Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОЖИВЛЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ГОРОДЕ

С древних времен человек селился у воды. При этом он решал многие проблемы, в первую очередь, водоснабжения и обороны. Со временем стали возникать проблемы загрязнения и истощения рек. Реки стали превращаться в сточные канавы. Решения этих проблем в конце XX века осуществлялось путем разработки и реализации Программ по восстановлению и сохранению рек и водоемов [1]. Для создания благоприятной среды обитания человека в городах и восстановления рек в начале XXI века понадобились значительные финансовые ресурсы, которые зачастую отсутствуют. Такими примерами могут служить разработанные и но к сожалению не утвержденные «Целевая долгосрочная программа по восстановлению малых рек и водоемов города Москвы на период до 2010 года» и региональная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Санкт-Петербурга в 2013–2020 годах» [2].

Существующая в городах гидросеть обычно функционально используется в системе отвода и очистки поверхностного стока. Водные объекты, частично деформированные техническими средствами, совместно с городской водосточной сетью образуют единую коллекторно-речную сеть. Современное состояние большинства водных объектов и прибрежных территорий не соответствует действующим экологическим и градостроительным требованиям. В наиболее неблагоприятном экологическом состоянии находятся реки, полностью заключенные в коллекторы и утратившие природную самоочищающую способность. Основные загрязнения поступают в реки города через городскую водосточную сеть и непосредственно по рельефу местности с городских территорий. Существующая система пойменных и прибрежных территорий представляет собой фрагментированную цепочку незастроенных площадей с частично сохранившимся озеленением и природными сообществами в различной стадии антропогенной дегрессии. Долины рек трансформированы, подвержены оползневым и эрозионным проявлениям, отдельные участки водоохраных зон захлаплены, имеют место несанкционированные свалки, незаконно размещенные постройки, некоторые участки русел рек завалены деревьями и мусором. В результате этого в настоящее время многие экологические функции водной системы и прилегающих территорий, такие как водоохранная, экологическая, частично утрачены, а ландшафтно-рекреационные функции прибрежных территорий недостаточно задействованы в градостроительной практике.

Для решения проблемы, предлагается разработка «Информационно-диагностической системы оживления водных объектов в городе». ИДС «Жемчужное ожерелье города».

При разработке ИДС «Жемчужное ожерелье города» предполагается использовать опыт подготовки и реализации городских программ и решений по восстановлению рек и управлению водными ресурсами в Европе (Англия, Франция, Нидерланды и др.) и в наших странах. В основу разработки ИДС будут положены «Программа по восстановлению малых рек и водоемов города Москвы на период до 2010 года» и региональная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Санкт-Петербурга в 2013–2020 годах».

Целью «Информационно-диагностической системы «Жемчужное ожерелье города», является: на основании оценки существующего экологического состояния водных объектов города и источников их загрязнения, разработанных блоков мероприятий по восстановлению и реабилитации малых рек и водоемов и благоустройству прилегающих территорий по водосборным бассейнам, используя системы мониторинга за состоянием водных объектов, сбросом загрязняющих веществ, поступлений загрязнений с водосборных территорий, исходя из наличия источников финансирования (смешанного) выбирать и рекомендовать наиболее эффективные приоритетные объекты реализации.

Информационной базой «Информационно-диагностической системы «Жемчужное ожерелье города» служит «Программы по восстановлению водотоков и водоемов города», которая обеспечивает реализацию инженерных, экологических, градообразующих и рекреационных функций водных объектов и прилегающих к ним территорий города:

- природоприближенное восстановление водных объектов;
- создание сбалансированных устойчивых экосистем, адаптированных к условиям города;
- улучшение качества воды в водотоках и водоемах города, путем поэтапного достижения рыбохозяйственных нормативов и обеспечения нормативов культурно-бытового водопользования для восстановленных водных объектов;
- водоохранная и ландшафтная организация прилегающих территорий;
- обеспечение экологически комфортных условий жизни и отдыха москвичей;
- повышение экологической безопасности хозяйственной деятельности;
- обеспечение безопасности населения и защиты водных объектов от чрезвычайных ситуаций.

Задачами «Информационно-диагностической системы» базирующейся на Программе по восстановлению водотоков и водоемов города является:

- обоснование и разработка состава и последовательности реализации комплекса инженерных, инженерно-биологических, ландшафтно-градостроительных, нормативно-методических и организационных мероприятий по восстановлению, реабилитации малых рек и водоемов и благоустройству прилегающих территорий;
- обоснование и реализация комплекса мероприятий по защите населения и водных объектов от чрезвычайных ситуаций на расчетные периоды, а также определение необходимых затрат на их реализацию и источников финансирования;
- интеграция информационных баз данных проектов норм допустимых воздействий (НДВ) и схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) на основе современных ГИС технологий для рассматриваемых бассейнов водных объектов;
- развитие системотехнического принципа повышения устойчивости природно-технических систем с выявлением подчиненных связей между качеством окружающей среды и нормами допустимых воздействий и допустимых сбросов;
- обоснование путей и средств достижения заданного качества воды с использованием наилучших достижимых технологий;
- формирование регионально-бассейновых межотраслевых инновационных систем и структур с изменением геоинформационных технологий;
- учет необходимости обеспечения экологической безопасности функционирования природно-технических комплексов на всех стадиях жизненного цикла на основе баланса технических и управленческих решений;
- защита территории при городском строительстве и хозяйстве от подтопления на ГИС основе;

- информационно-алгоритмическое обеспечение принятия управленческих решений для водопользователей речного бассейна;
- методическое, программное и аппаратное обеспечение комплексного мониторинга водохозяйственных и гидротехнических сооружений;
- гармонизация бассейновых норм НДВ с индивидуальными НДС в рамках СКИОВО на основе геоинформационных технологий.

«Информационно-диагностической системы оживления водных объектов в городе». НДС «Жемчужное ожерелье города» разрабатывается:

- по бассейновому принципу и является основой для разработки, проектирования и реализации конкретных мероприятий индивидуально для каждого водного объекта города с учетом условий формирования стока на водосборной территории.

- исходя из анализа существующего состояния водных объектов города, определенного по данным государственного экологического контроля и мониторинга водных объектов и по результатам научно-исследовательских и проектных работ.

Основными принципами формирования «Информационно-диагностической системы оживления водных объектов в городе». НДС «Жемчужное ожерелье города», как и в «Программе по восстановлению водотоков и водоемов города» являются:

- восстановление и реконструкция водных объектов с использованием инженерных и инженерно-биологических методов, возвращение малых рек в природоприближенное состояние, восстановление и повышение их самоочищающей способности, предупреждение чрезвычайных ситуаций на водных объектах;

- достижение нормативного качества воды в водных объектах путем комплекса мероприятий, обеспечивающих благоприятные санитарно-экологические условия формирования стока на территориях водосборных бассейнов, в прибрежных зонах и в акваториях водных объектов;

- обеспечение охраны, экологической реабилитации и рационального использования малых рек и прилегающих территорий в градостроительных и рекреационных целях с учетом социально-экономических и эколого-градостроительных приоритетов развития городских территорий, прилегающих к водным объектам;

- рациональное использование малых рек на основе сочетания и повышения эффективности правовых, экономических и административных методов управления водопользованием;

- обеспечение экологической безопасности при разработке и реализации градостроительных и инженерных решений по восстановлению и реабилитации водных объектов, закрепление на законодательной основе ответственных за содержание водных объектов и их прибрежных территорий;

- развитие инструментария для комплексного и многокритериального решения задач водоохраны на основе оптимизационных критериев, которым можно руководствоваться при принятии решений;

- рассмотрение системы “Водное хозяйство” в виде трех подсистем: водные объекты (водоресурсная часть); сооружения, устройства, мероприятия, обеспечивающие процесс самоочищения, воспроизводства и охраны водных ресурсов от загрязнений (водохозяйственное производство); отраслевое использование вод (водопользование);

- развитие системы экологического управления территориально производственным комплексом бассейнов, рек, озер, водохранилищ на основе геоинформационных технологий;

- комплексная оценка экономического ущерба от загрязнения водных объектов при городском строительстве и хозяйстве.

На основании оценок существующего экологического состояния водных объектов города и источников их загрязнения разрабатываются блоки мероприятий по восстановлению и реабилитации водотоков и водоемов и благоустройству прилегающих территорий для всех водосборных бассейнов на территории города, включающие:

- общие мероприятия (разработка бассейновых схем);
- мероприятия по снижению поступления загрязнений с водосборных территорий;
- мероприятия по экологическому восстановлению малых рек и водоемов;

- мероприятия по реконструкции, повышению надежности и экологической безопасности гидротехнических сооружений;
- мероприятия по благоустройству прибрежных территорий и долин рек.

В «Информационно-диагностической системе оживления водных объектов в городе». ИДС «Жемчужное ожерелье города», как и в «Программе по восстановлению водотоков и водоемов города» предполагается предусмотреть три степени восстановления водных объектов по объему намечаемых работ в соответствии с существующим состоянием, характеризующим отклонением от природного режима.

1. Полное природоприближенное восстановление.

Предусматривает полный комплекс мероприятий по реконструкции водных объектов:

- формирование русла и долины реки;
- формирование оптимального профиля основной реки, обеспечивающего требуемый природный режим;
- устройство донных порогов;
- русловыправительные работы;
- оформление берегов и берегоукрепление;
- посадка водной и околоводной растительности, водоохранное озеленение поймы;
- устройство устьевых и русловых биоплато;
- оформление водовыпусков;
- противоэрозионные и противооползневые мероприятия;
- ликвидация последствий разливов нефтепродуктов;
- подъем затопленных судов (для судоходных рек);
- установка датчиков уровней воды в створах гидротехнических сооружений;
- организация постов контроля загрязнения водных объектов;
- уборка мусора, удаление из русла крупногабаритных предметов;
- мостики и эксплуатационные дорожки.

2. Частичного природоприближенного восстановления требуют реки, находящиеся в более благоприятном состоянии, что предполагает выполнение полного комплекса работ из пункта 1 не в полном объеме и не по всей длине.

3. Экологическое благоустройство предусматривается для рек, находящихся в относительно благоприятном состоянии и не требующих существенного переформирования русла и долины реки. Как правило, это реки, расположенные на территориях крупных объектов Природного комплекса:

- уборка мусора;
- посадка водной и околоводной растительности;
- удаление из русла крупногабаритных предметов;
- сведение нежизнеспособных, аварийных и отмирающих деревьев и кустарников;
- водоохранное озеленение.

Ожидаемые результаты выполнения мероприятий:

- комплексное градостроительное использование водных объектов и прилегающих территорий в целях природоохраны и рекреации;
- улучшение качества воды в водотоках и водоемах и достижение нормативов культурно-бытового водопользования для восстановленных водных объектов в черте города;
- полное природоприближенное восстановление открытых русел малых рек, обеспечивающих устойчивость функционирования экосистем
- частичное восстановление открытых русел малых рек
- экологическое благоустройство рек
- восстановление открытого русла отдельных участков рек, заключенных в коллектора;
- реконструкция прудов и строительство новых водоемов;
- водоохранная и ландшафтная организация и благоустройство территорий долин рек;
- повышение роли акваторий в планировочной структуре города, увеличение рекреационного потенциала и улучшение экологического состояния города;
- создание для населения условий безопасного пользования водными объектами.

Список использованной литературы

1 О Целевой долгосрочной программе по восстановлению малых рек и водоемов города Москвы на период до 2010 года. Правительство Москвы Постановление от 28 сентября 2004 года N 666-ПП

2 Бойкова И.Г., Волшаник В.В., Карпова Н.Б., Печников В.Г., Пупырев Е.И. Эксплуатация, реконструкция и охрана водных объектов в городе. М.: изд-во АСВ. – 256 с.

УДК 502.3

Ю.В. Фурса, науч. сотр.; И.П. Наркевич
«Бел НИЦ «Экология» г. Минск

ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ОТ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ ЗА ПЕРИОД 2004–2014 ГГ.

В соответствии с обязательствами по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН) Республика Беларусь ежегодно разрабатывает и представляет Конференции Сторон национальный кадастр антропогенных выбросов парниковых газов (ПГ), одним из секторов которого является сектор «Отходы».

В настоящем докладе представлена обзор и оценка выбросов парниковых газов от промышленных сточных вод в Республике Беларусь за период 2004–2014 гг., описаны используемые методические подходы, проанализирована зависимость выбросов парниковых газов от количества произведенной продукции в Республике Беларусь.

Сточные воды, а также компоненты отстоя при анаэробной обработке выделяют CH_4 . Объем метана, который выделяется, зависит от количества разлагаемых органических материалов в сточных водах, температуры и системы обработки. При условиях повышения температуры увеличивается и количество выделяемого метана, что имеет большое значение при наличии неконтролируемых систем и в теплом климате. Выбросы закиси азота (N_2O) не учитываются, так как прямые выбросы от нитрификации и денитрификации на водоочистных сооружениях могут рассматриваться как незначительный источник.

Оценка потенциала образования CH_4 из промышленных сточных вод основывается на концентрации содержащихся в них органически разлагаемых веществ, их объеме и возможности очистки сточных вод промышленным сектором в анаэробной системе. Стандартными индикаторами, которые используют для измерения количества органического компонента в сточных водах, являются: биохимическая потребность в кислороде (БПК) и химическая потребность в кислороде (ХПК). При использовании этих критериев, основные источники сточных вод с большим потенциалом образования CH_4 :

производство бумажной массы и бумаги,
обработка мяса и птицы (скотобойни),
производство алкоголя, пива, крахмала,
производство органических химикатов,
обработка других видов пищевых продуктов и напитков (молочные продукты, растительное масло, овощи и фрукты, консервы, соки и т.д.).

Методика является обязательной для всех стран – участниц РКИК ООН, но допускает определенную гибкость и выбор национальных коэффициентов выбросов, обоснованных с помощью специально проведенных научных исследований.

Оценка эмиссии CH_4 при обработке промышленных сточных вод проводилась по методу уровня 1 Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) с использованием отдельных национальных параметров (уравнение 6.4 МГЭИК, 2006) [1]. Выбросы метана от сточных вод и их отстоя в системах всех типов оценивались совместно.

$$\text{Выбросы } CH_4 = \sum_i [(TOW_i - S_i)EF_i - R_i]$$

где: выбросы CH_4 = выбросы CH_4 в учетный год, кг CH_4 /год; TOW_i = общее количество органически разложимого материала в промышленных сточных водах i , кг ХПК/год; i = промышленный сектор; S_i = количество органического компонента удаленного как отстой сточных вод, кг ХПК/год

Все выбросы метана, выделяющиеся от разложения органических веществ в системе очистки промышленных сточных вод считались происходящими от сточных вод. В соответствии с рекомендациями МГЭИК, доля ХПК, удаляемая с илистыми осадками, принимается равной 0.

EF_i = коэффициент выбросов промышленности i , кг CH_4 /кг ХПК, для путей или систем очистки/сброса сточных вод, использованных в учетный год.

R_i = количество CH_4 , рекуперированного за учетный год, кг CH_4 /год

Принимаемое значение R равно нулю.

Максимальная способность образования CH_4 (B_0)

В расчетах использовано значение B_0 по умолчанию 0,25 г CH_4 / г ХПК (МГЭИК, 2006).

Поправочный коэффициент для метана (MCF)

В виду отсутствия данных о конкретных применяемых системах очистки сточных вод в расчетах используется экспертное значение MCF , основанное на данных по умолчанию МГЭИК (МГЭИК, 2006) равное 0,4.

В расчетах принималось $EF = B_0 \times MCF$

Удельное образование сточных вод (WW)

Объем промышленных сточных вод, проходящих биологическую очистку, оценивался исходя из значений по умолчанию МГЭИК (МГЭИК, 2006) для удельного образования сточных вод от различных секторов промышленного производства.

В расчетах принималось $TOW = WW \times ХПК$

При проведении расчетов выбросов парниковых газов, были использованы данные об объеме промышленного производства отдельных товаров. Были выбраны только соответствующие типам промышленного производства согласно методике МГЭИК (2006). Данные об объемах производства таких видов продукции получены из публикаций и базы данных Национального статистического комитета Республики Беларусь [2], и представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные об объемах производства различных видов продукции в Республике Беларусь

| Продукция | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Перегонка спирта (гека-литр) | 8746000 | 1519400 | 1744100 | 1936400 | 1706700 | 1470400 |
| Пиво и солодовые напитки (гека-литр) | 2714900 | 3991200 | 4716600 | 4322500 | 4250100 | 4325600 |
| Вино и уксус (гека-литр) | 2476000 | 2265900 | 2015500 | 1736700 | 1691900 | 1609400 |
| Рыбопереработка (тыс.т.) | 29,3 | 76,0 | 81,8 | 73,5 | 81,1 | 94,9 |
| Мясо и птица (тыс.т.) | 479,046 | 745,5 | 786,9 | 912,1 | 985,5 | 947 |
| Рафинирование сахара (тыс.т.) | 864,2 | 816,0 | 985,5 | 862,6 | 852,7 | 743,9 |
| Растительные масла (тыс.т.) | 17,1 | 19,5 | 22,4 | 16,7 | 14,6 | 18,5 |
| Бумажная масса и картон (тыс.т.) | 214,862 | 238,197 | 243,071 | 247,515 | 334,372 | 332,732 |
| Нефтепереработка (тыс.т.) | 1351 | 1571 | 1803 | 1763 | 1552 | 2323 |

Содержание органических загрязнений в промышленных стоках рассчитывалось по химической потребности в кислороде (ХПК) сточных вод. Использованные в расчетах значения COD в промышленных стоках основаны на средних значениях по умолчанию МГЭИК (МГЭИК, 2006) [1]. В таблице 2 представлены данные об общем количестве органически разлагаемого материала в сточных водах и выбросах метана.

Таблица 2 – Выбросы парниковых газов от сточных вод

| Год | Общее количество органически разлагаемого материала в сточных водах (кт) | Выбросы CH ₄ (Гг) |
|------|--|------------------------------|
| 2004 | 322,1465083 | 32,21465083 |
| 2005 | 371,7746354 | 37,17746354 |
| 2006 | 386,2410854 | 38,62410854 |
| 2007 | 423,0825152 | 42,30825152 |
| 2008 | 441,7570154 | 44,17570154 |
| 2009 | 363,3487546 | 36,33487546 |
| 2010 | 419,8369809 | 41,98369809 |
| 2011 | 435,5264593 | 43,55264593 |
| 2012 | 443,9060392 | 44,39060392 |
| 2013 | 574,1666728 | 57,41666728 |
| 2014 | 566,8938576 | 56,68938576 |

На основе проведенной работы можно сделать выводы о том, что существует прямая зависимость от количества производимой продукции (соответственно количества ХПК в сточных водах) и выбросами метана от производственных сточных вод. Начиная с 2000 года выбросы метана в Республике Беларусь постепенно растут, коррелируя с количеством произведенной продукции. В 2009 году следует ощутимое снижение выбросов метана, так как в этом году заметно снизилась активность производств, соответственно последовало уменьшение объемов сточных вод, содержащих органические соединения. Далее начиная с 2010 года опять наблюдается постепенный рост производства продукции отдельных видов промышленности с высоким потенциалом выброса метана от сточных вод, наиболее характерные для развитых отраслей в Республике Беларусь, которые достигают своего пика в 2013–2014 годах.

Данная работа приносит значительный вклад в улучшение отчетности Республики Беларусь, так как проведены предварительные расчеты выбросов парниковых газов (метана) от промышленных сточных вод предприятий некоторых видов промышленности, которые в сточных водах имеют наибольшее количество органически разложимых веществ в Республике Беларусь за период 2000–2014 гг. Эти данные внедрены в сектор 7 «Отходы», «Очистка и сброс промышленных сточных вод» (категория 5.D2 ОФД) Национального доклада о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990 – 2015 гг.

Список использованных источников

- 1 Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006
- 2 Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/>

УДК 626.80

А.М. Пеньковская, Е.Н. Попова, И.А. Булак
Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», Минск

**ЦЕЛЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД
В ПЛАНАХ УПРАВЛЕНИЯ БАССЕЙНАМИ РЕК**

Задача разработки плана управления водными ресурсами бассейна водного объекта (далее – ПУРБ) – определить цели управления на определенный срок с максимальным учетом ситуации на конкретном водном объекте в рамках доступного объема информации.

При выполнении ПУРБ в ходе решения ключевых проблем в соответствии с принципами Водной рамочной директивы Европейского союза и законодательством Республики Беларусь на основе анализа экологической обстановки в бассейнах рек должны устанавливаться

целевые показатели качества воды водного объекта или бассейна реки с обозначенными сроками их реализации [1].

В республике Беларусь до 2014 года, как и в Российской Федерации, разрабатывались схемы комплексного использования и охраны водных объектов (далее – СКИОВО). После вступления в силу нового Водного кодекса в республике перешли на разработку планов управления речными бассейнами. В соответствии со статьей Водного кодекса «Планы управления речными бассейнами разрабатываются в целях сохранения и восстановления водных объектов, а также комплексного использования водных ресурсов для бассейнов рек Днепр, Западная Двина, Западный Буг, Неман и Припять»[1].

В республике с июня 2017 года введен в действие Технический кодекс установившейся практики, устанавливающий требования к разработке, составлению и оформлению планов управления бассейнами рек [2].

Анализ методической базы и подходов к разработке ПУРБ и СКИОВО показал, что, в принципе, цели СКИОВО и ПУРБ близки, однако СКИОВО отличаются от ПУРБ большей водохозяйственной направленностью.

ПУРБ разрабатываются с учетом рекомендаций Водной Рамочной Директивы Европейского Союза (ВРД ЕС) и направлены, прежде всего, на разработку мероприятий по достижению и поддержанию, как минимум, хорошего экологического статуса поверхностных водных объектов и хорошего количественного и хорошего химического статуса подземных водных объектов.

Различны подходы в ПУРБ и СКИОВО к идентификации и типизации водных объектов, различны критерии оценки экологического состояния (статуса) водных объектов и установления целевых показателей.

В действующем техническом кодексе отсутствуют требования о необходимости определения целевых показателей качества воды водных объектов, но присутствуют требования определения экологического статуса. По сути, в основу определения и целевых показателей, и экологического статуса положены показатели химического состояния воды водного объекта. Однако целевые показатели дают более полную картину состояния качества вод и позволяют более детально установить направления улучшения экологического состояния водного объекта, заостряя внимание на приоритетных загрязняющих веществах.

Поэтому представляется целесообразным в ПУРБ помимо определения экологического статуса разрабатывать целевые показатели качества водных ресурсов.

Определение экологических целевых показателей не исключает оценки экологического статуса водного объекта, лишь дополняет эту оценку, позволяя выделить приоритетное загрязняющее вещество, оказывающее влияние на экологическое состояние водного объекта, и установить сроки улучшения экологической ситуации на водном объекте.

Определение целевых показателей наравне с установлением экологического статуса выполнено для водных объектов бассейнов Днепра и Западного Буга.

Ниже приведен пример определения целевых показателей для водных объектов бассейна реки Западный Буг с удовлетворительным экологическим статусом.

По данным гидрохимических наблюдений класс гидрохимических показателей установлен для 31 участка водных объектов бассейна реки Западный Буг, при этом 9 участков характеризуются удовлетворительный классом (29%), 20 участков – хорошим (64,5%) и 2 – река Пульва и 1 створ водохранилища Луковское – отличным (6,5%).

По результатам наблюдений наиболее загрязненными (III класс гидрохимических показателей, удовлетворительный) являются участки рек:

- Западный Буг – ниже г. Бреста (мост Козловичи),
- Западный Буг – н.п. Речица (пограничная застава Козловичи),
- Западный Буг – н.п. Теребунь,
- Западный Буг – н.п. Новоселки,
- Лесная – н.п. Каменюки,
- Мухавец – в районе г. Кобрин (выше и ниже города),
- Копаявка (н.п. Леплевка),
- водохранилище Олтушское (по результатам обследования).

Класс гидробиологических показателей определен для 8 участков водных объектов, 6 из них классифицируются хорошим классом (75%), а 2 – удовлетворительным (25%) – участки реки Западный Буг (н.п. Новоселки и н.п.Речица). Для определения качества воды остальных участков водных объектов по гидробиологическим показателям необходимы дальнейшие наблюдения. Поэтому экологический статус [3] установлен лишь для 8 участков водных объектов (рисунок 1), 4 из них классифицируется хорошим экологическим статусом (50%), 4 – удовлетворительным (50%).

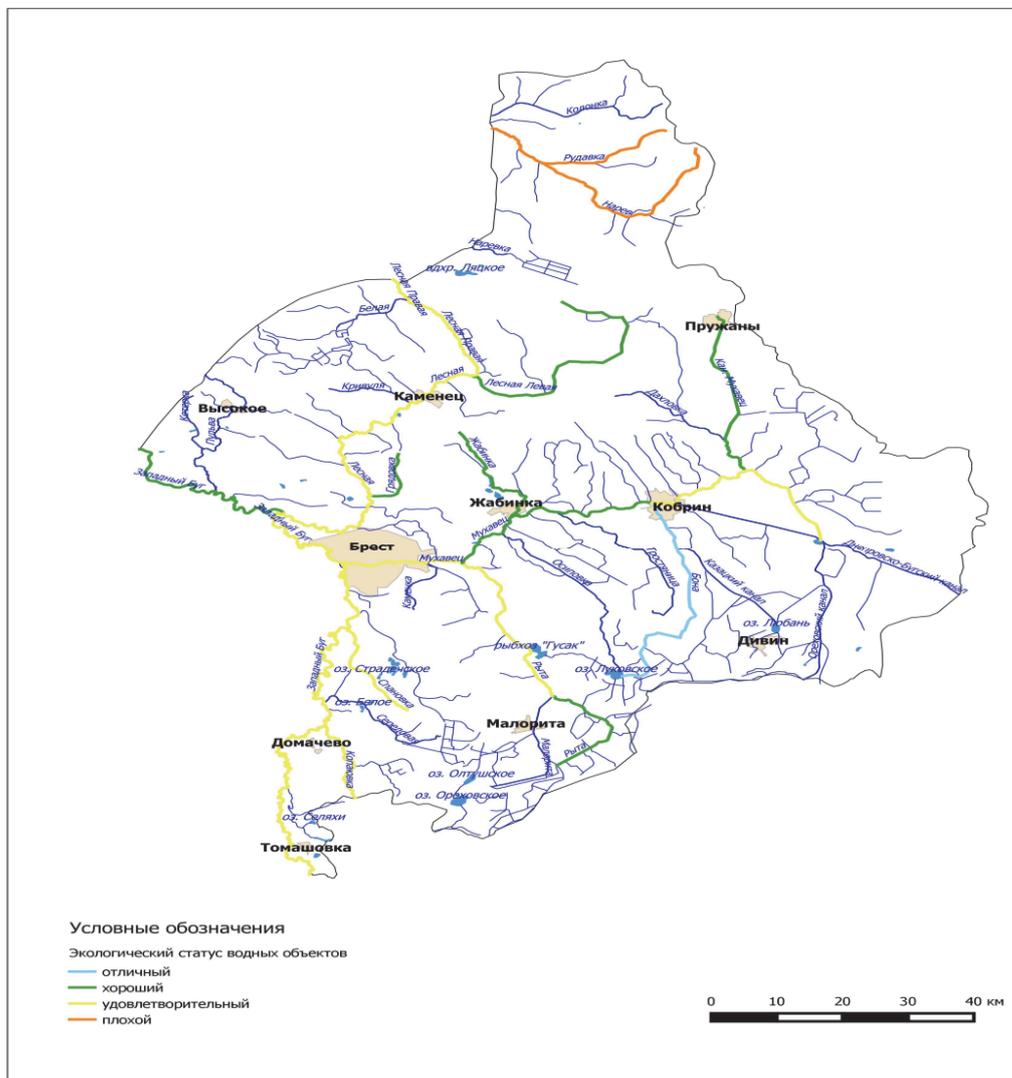


Рисунок 1 – Экологический статус водных объектов бассейна Западного Буга

Целевые показатели (далее – ЦП) для бассейна реки Западный Буг разработаны с учетом природных особенностей этого речного бассейна, а также с учетом условий целевого использования водных объектов, расположенных в границах бассейна [5].

Для расчета ЦП проанализированы результаты гидрохимических наблюдений в бассейне реки Западный Буг за многолетний период (10 лет и более), определены воздействия как антропогенного, так и природного происхождения, вследствие которых достаточно часто наблюдались превышения над ПДК.

Гидрохимические ЦП установлены путем статистической обработки данных мониторинга поверхностных вод (как нижний квартиль данных наблюдений) и представляют, по существу, нормативы качества окружающей среды в применении к исследуемому участку водного объекта [4].

Для оценки степени отклонения содержания в воде загрязняющих веществ от нормативов качества использованы предельно допустимые концентрации (далее – ПДК), установленные

в Приложении 2 к Постановлению Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 30.03.2015 г. №13 «Об установлении нормативов качества воды поверхностных водных объектов».

Анализ соотношений ПДК, ЦП и фактических концентраций позволяет сделать вывод о характере и степени антропогенного воздействия на данный участок водного объекта, выявить реальные проблемы загрязнения воды на данном участке реки и разработать мероприятия по улучшению качества воды или же стабилизации обстановки на участке.

Для каждого пункта наблюдений бассейна реки Западный Буг рассчитаны ЦП по конкретным загрязняющим веществам, выделены наиболее проблемные участки рек. Определена последовательность достижения хорошего качества воды для водных объектов, оцененных III классом (удовлетворительным) гидрохимических показателей и – отличного качества воды для рек, а для водоемов бассейна II (хорошего) класса гидрохимических показателей.

В таблице 1 приведены расчеты поэтапного достижения хорошего класса гидрохимических показателей для водных объектов бассейна реки Западный Буг, характеризующихся в настоящее время удовлетворительным классом гидрохимических показателей.

В примечании к таблице дана оценка состояния показателей качества в сравнении с целевыми показателями и значениями предельно-допустимых концентраций веществ, позволяющая судить о необходимости принятия мер для достижения хорошего класса гидрохимического показателей.

Таблица 1 – Целевые показатели качества вод и поэтапное достижение хорошего/отличного класса гидрохимических показателей воды водных объектов

| Наименование показателя, загрязняющего вещества | Фактическая среднегодовая концентрация мг/дм ³ | ЦП, мг/дм ³ | ПДК, мг/дм ³ | Этап 1 – снижение фактической среднегодовой концентрации до уровня ЦП | Этап 2 – снижение фактической среднегодовой концентрации до уровня ПДК |
|--|---|------------------------|-------------------------|---|--|
| 1 Западный Буг (н.п. Речица – пограничная застава Козловичи, на границе с Польшей), тип 4 | | | | | |
| ХПК _{сг} | 42,3 | 47,9 | 30,0 | – ²⁾ | В 1,41 раза (на 41%) |
| Нитрит-ион | 0,040 | 0,038 | 0,024 | В 1,053 раза (на 5,3%) | В 1,667 раза (на 66,7%) |
| Аммоний-ион | 0,88 | 0,67 | 0,39 | В 1,31 раза (на 31%) | В 2,26 раза (на 126%) |
| Фосфат-ион | 0,182 | 0,182 | 0,066 | – ²⁾ | В 2,76 раза (на 176%) |
| Фосфор общий | 0,252 | 0,291 | 0,2 | – ²⁾ | В 1,26 раза (на 26%) |
| СПАВ | 0,075 | 0,068 | 0,1 | В 1,10 раза (на 10%) | – ¹⁾ |
| Железо общее | 0,518 | 0,518 | 0,335 | – ²⁾ | В 1,55 раза (на 55%) |
| Цинк | 0,017 | 0,023 | 0,014 | – ²⁾ | В 1,21 раза (на 21%) |
| Марганец | 0,084 | 0,048 | 0,03 | В 1,75 раза (на 75%) | В 2,80 раза (на 180%) |
| 2.р.Западный Буг (Брест – мост Козловичи), тип 4 | | | | | |
| ХПК _{сг} | 40,6 | 43,0 | 30,0 | – ²⁾ | В 1,35 раза (на 35%) |
| Нитрит-ион | 0,032 | 0,033 | 0,024 | – ²⁾ | В 1,333 раза (на 33,3%) |
| Аммоний-ион | 0,83 | 0,63 | 0,39 | В 1,32 раза (на 32%) | В 2,13 раза (на 113%) |
| Фосфат-ион | 0,173 | 0,173 | 0,066 | – ²⁾ | В 2,62 раза (на 162%) |
| Фосфор общий | 0,241 | 0,253 | 0,2 | – ²⁾ | В 1,21 раза (на 21%) |
| СПАВ | 0,065 | 0,063 | 0,1 | В 1,03 раза (на 3%) | – ¹⁾ |
| Железо общее | 0,435 | 0,548 | 0,335 | – ²⁾ | В 1,30 раза (на 30%) |
| Цинк | 0,015 | 0,019 | 0,014 | – ²⁾ | В 1,07 раза (на 7%) |
| Марганец | 0,072 | 0,043 | 0,03 | В 1,67 раза (на 67%) | В 2,40 раза (на 140%) |
| 3.р.Западный Буг (0,1 км западнее н.п. Теребунь), тип 4 | | | | | |
| ХПК _{сг} | 36,6 | 40,0 | 30,0 | – ²⁾ | В 1,22 раза (на 22%) |
| Нитрит-ион | 0,033 | 0,039 | 0,024 | – ²⁾ | В 1,375 раза (на 37,5%) |
| Аммоний-ион | 0,55 | 0,48 | 0,39 | В 1,15 раза (на 15%) | В 1,41 раза (на 41%) |
| Фосфат-ион | 0,135 | 0,162 | 0,066 | – ²⁾ | В 2,05 раза (на 105%) |
| Фосфор общий | 0,201 | 0,250 | 0,2 | – ²⁾ | В 1,01 раза (на 1%) |
| СПАВ | 0,063 | 0,051 | 0,1 | В 1,24 раза (на 24%) | – ¹⁾ |

Продолжение табл. 1

| Наименование показателя, загрязняющего вещества | Фактическая среднегодовая концентрация мг/дм ³ | ЦП, мг/дм ³ | ПДК, мг/дм ³ | Этап 1 – снижение фактической среднегодовой концентрации до уровня ЦП | Этап 2 – снижение фактической среднегодовой концентрации до уровня ПДК |
|---|---|------------------------|-------------------------|---|--|
| Железо общее | 0,380 | 0,505 | 0,335 | – ²⁾ | В 1,13 раза (на 13%) |
| Цинк | 0,015 | 0,020 | 0,014 | – ²⁾ | В 1,07 раза (на 7%) |
| Медь | 0,004 | 0,005 | 0,0043 | – ³⁾ | |
| Марганец | 0,086 | 0,047 | 0,03 | В 1,83 раза (на 83%) | В 2,87 раза (на 187%) |
| 4. р. Западный Буг (н.п. Новоселки на гр. с Польшей), тип 4 | | | | | |
| ХПК _{сг} | 38,3 | 40,0 | 30,0 | – ²⁾ | В 1,28 раза (на 28%) |
| Нитрит-ион | 0,023 | 0,034 | 0,024 | – ³⁾ | |
| Аммоний-ион | 0,55 | 0,41 | 0,39 | В 1,34 раза (на 34%) | В 1,41 раза (на 41%) |
| Фосфат-ион | 0,139 | 0,156 | 0,066 | – ²⁾ | В 2,11 раза (на 111%) |
| Фосфор общий | 0,204 | 0,237 | 0,2 | – ²⁾ | В 1,02 раза (на 2%) |
| СПАВ | 0,060 | 0,050 | 0,1 | В 1,20 раза (на 20%) | – ¹⁾ |
| Железо общее | 0,390 | 0,478 | 0,335 | – ²⁾ | В 1,16 раза (на 16%) |
| Цинк | 0,014 | 0,018 | 0,014 | – ³⁾ | |
| Марганец | 0,079 | 0,042 | 0,03 | В 1,88 раза (на 88%) | В 2,63 раза (на 163%) |
| 5. р. Мухавец (1,8 км выше г. Кобрин), тип 4 | | | | | |
| ХПК _{сг} | 41,7 | 50,7 | 30,0 | – ²⁾ | В 1,39 раза (на 39%) |
| Нитрит-ион | 0,026 | 0,025 | 0,024 | В 1,040 раза (на 4%) | В 1,083 раза (на 8,3%) |
| Аммоний-ион | 0,50 | 0,50 | 0,39 | – ²⁾ | В 1,28 раза (на 28%) |
| Фосфат-ион | 0,105 | 0,105 | 0,066 | – ²⁾ | В 1,59 раза (на 59%) |
| Нефтепродукты | 0,023 | 0,021 | 0,05 | В 1,10 раза (на 10%) | – ¹⁾ |
| СПАВ | 0,068 | 0,057 | 0,1 | В 1,19 раза (на 19%) | – ¹⁾ |
| Железо общее | 0,674 | 0,585 | 0,335 | В 1,15 раза (на 15%) | В 2,01 раза (на 101%) |
| Цинк | 0,017 | 0,016 | 0,014 | В 1,06 раза (на 6%) | В 1,21 раза (на 21%) |
| Медь | 0,006 | 0,004 | 0,0043 | В 1,50 раза (на 50%) | В 1,40 раза (на 40%) |
| Марганец | 0,074 | 0,060 | 0,03 | В 1,23 раза (на 23%) | В 2,47 раза (на 147%) |
| 6. р. Мухавец (1,7 км ниже г. Кобрин), тип 4 | | | | | |
| ХПК _{сг} | 44,4 | 58,7 | 30,0 | – ²⁾ | В 1,48 раза (на 48%) |
| Аммоний-ион | 0,53 | 0,55 | 0,39 | – ²⁾ | В 1,36 раза (на 36%) |
| Фосфат-ион | 0,110 | 0,089 | 0,066 | В 1,24 раза (на 24%) | В 1,67 раза (на 67%) |
| Фосфор общий | 0,151 | 0,149 | 0,2 | В 1,01 раза (на 1%) | – ¹⁾ |
| Нефтепродукты | 0,024 | 0,022 | 0,05 | В 1,09 раза (на 9%) | – ¹⁾ |
| СПАВ | 0,074 | 0,065 | 0,1 | В 1,14 раза (на 14%) | – ¹⁾ |
| Железо общее | 0,789 | 0,789 | 0,335 | – ²⁾ | В 2,36 раза (на 136%) |
| Цинк | 0,018 | 0,018 | 0,014 | – ²⁾ | В 1,29 раза (на 29%) |
| Медь | 0,006 | 0,006 | 0,0043 | – ²⁾ | В 1,40 раза (на 40%) |
| Марганец | 0,084 | 0,071 | 0,03 | В 1,18 раза (на 18%) | В 2,80 раза (на 180%) |
| 7. р. Копаювка (в черте н.п. Леплевка), тип 3 | | | | | |
| ХПК _{сг} | 46,8 | 42,8 | 30 | В 1,09 раза (на 9%) | В 1,56 раза (на 56%) |
| Аммоний-ион | 0,37 | 0,36 | 0,39 | В 1,03 раза (на 3%) | – ¹⁾ |
| Фосфат-ион | 0,131 | 0,129 | 0,066 | В 1,02 раза (на 2%) | В 1,98 раза (на 98%) |
| СПАВ | 0,045 | 0,040 | 0,1 | В 1,13 раза (на 13%) | – ¹⁾ |
| Железо общее | 1,310 | 1,495 | 0,315 | – ²⁾ | В 4,16 раза (на 316%) |
| Цинк | 0,014 | 0,018 | 0,012 | – ²⁾ | В 1,17 раза (на 17%) |
| Медь | 0,004 | 0,005 | 0,004 | – ³⁾ | |
| Марганец | 0,083 | 0,044 | 0,028 | В 1,89 раза (на 89%) | В 2,96 раза (на 196%) |
| 8. р. Лесная Правая (1,0 км выше н.п. Каменюки), тип 3 | | | | | |
| ХПК _{сг} | 47,7 | 38,3 | 30 | В 1,25 раза (на 25%) | В 1,59 раза (на 59%) |
| Аммоний-ион | 0,37 | 0,30 | 0,39 | В 1,23 раза (на 23%) | – ¹⁾ |
| Фосфат-ион | 0,105 | 0,117 | 0,066 | – ²⁾ | В 1,59 раза (на 59%) |
| Нефтепродукты | 0,030 | 0,020 | 0,05 | В 1,50 раза (на 50%) | – ¹⁾ |
| СПАВ | 0,053 | 0,050 | 0,1 | В 1,06 раза (на 6%) | – ¹⁾ |
| Железо общее | 0,745 | 0,620 | 0,315 | В 1,20 раза (на 20%) | В 2,37 раза (на 137%) |
| Цинк | 0,012 | 0,016 | 0,012 | – ³⁾ | |
| Медь | 0,004 | 0,005 | 0,004 | – ³⁾ | |
| Марганец | 0,061 | 0,053 | 0,028 | В 1,15 раза (на 15%) | В 2,18 раза (на 118%) |

Окончание табл. 1

| Наименование показателя, загрязняющего вещества | Фактическая среднегодовая концентрация мг/дм ³ | ЦП, мг/дм ³ | ПДК, мг/дм ³ | Этап 1 – снижение фактической среднегодовой концентрации до уровня ЦП | Этап 2 – снижение фактической среднегодовой концентрации до уровня ПДК |
|---|---|------------------------|-------------------------|---|--|
| 9.Водохранилище Олтушское, тип 2 | | | | | |
| ХПК _{сг} | 41,49 | 31,12 | 30 | В 1,333 раза (на 33.3%) | В 1,383 раза (на 38.3%) |
| Фосфат-ион | 0,120 | 0,090 | 0,066 | В 1,333 раза (на 33.3%) | В 1,818 раза (на 81,8%) |
| Цинк | 0,021 | 0,016 | 0,010 | В 1,313 раза (на 31.3%) | В 2,10 раза (на 110%) |
| Медь | 0,0064 | 0,0048 | 0,0035 | В 1,333 раза (на 33.3%) | В 1,829 раза (на 82,9%) |

Примечание:

¹⁾ – к настоящему времени ПДК достигнуто, фактическая среднегодовая концентрация не превышает ПДК, также ЦП < ПДК. Для достижения отличного качества воды по гидрохимическим показателям необходимо на снижение фактической среднегодовой концентрации до уровня ЦП;

²⁾ – значение ЦП к настоящему времени достигнуто, фактическая среднегодовая концентрация не превышает ЦП;

³⁾ – по конкретному показателю соотношение ЦП/ПДК > 1, но при этом фактическая среднегодовая концентрация не превышает ЦП и ПДК. Вероятен риск увеличения содержания данного вещества в воде водного объекта вследствие антропогенной деятельности. Необходимы дальнейшие систематические наблюдения за содержанием этого показателя в поверхностных водах

Таким образом, использование длительных рядов наблюдений за химическим составом воды в стационарных пунктах наблюдений в бассейне реки Западный Буг позволило оценить современное состояние качества воды в водных объектах бассейна, установить целевые показатели качества воды по каждому пункту наблюдений по приоритетным загрязняющим веществам, наметить этапы достижения нормативного качества воды по конкретным участкам водных объектов.

Снижение фактических концентраций приоритетных загрязняющих веществ до уровня целевых показателей позволит достичь хорошего, а до уровня ПДК – отличного качества воды по гидрохимическим показателям в указанном пункте наблюдений.

Для достижения целевых показателей качества воды необходимо проведение мероприятий, позволяющих улучшить качество воды, в первую очередь, за счёт сокращения сбросов загрязняющих веществ со сточными водами, в том числе после очистки на локальных очистных сооружениях, и проведения водоохраных мероприятий, обеспечивающих сокращение диффузного загрязнения водных объектов поверхностным стоком с загрязнённых территорий.

Список использованных источников

- 1 Водный кодекс Республики Беларусь от 30.04.2014 г. № 149-3;
- 2 ТКП 17.06-14-2017 (33140) «Охрана окружающей среды и природопользование. Требования к разработке, составлению и оформлению проектов планов управления речными бассейнами».
- 3 ТКП 17.13-21-2015 (33140) «Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Порядок отнесения поверхностного водного объекта к классам экологического состояния (статуса)»
- 4 Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 1994–2015 годы), Мн., РУП «ЦНИИКИВР», 1995–2016 гг.
- 5 Беляев С.Д. Использование целевых показателей качества воды при планировании водохозяйственной деятельности // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – №3, 2007. – с. 3–26

В.М. Яцухно¹, доцент, канд.с.-х. наук; А.Н. Червань², доцент, канд.с.-х. наук
¹Белорусский государственный университет, г. Минск; ²БелНИИПиА, г. Минск

ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ПОЧВ БЕЛАРУСИ КАК ИНДИКАТОР СТЕПЕНИ ИХ УЯЗВИМОСТИ К КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ

Глобальные и региональные изменения климата представляют серьезную угрозу, прежде всего, для наиболее погодозависимого сектора экономики Беларуси – сельского хозяйства. Это отражается на продовольственной безопасности страны, не в последнюю очередь из-за негативного влияния климатических изменений, на почвы как ключевого компонента агроэкосистем. Повышение температуры, особенно в вегетативный период, нарушение характера распределения количества осадков оказывают существенное влияние на влагообеспеченность, содержание органического вещества, биологические и химические процессы, проходящие в почвах, а также негативно отражается на состоянии и продуктивности естественных и культурных растений.

Значительный экономический ущерб сельскохозяйственному производству в Беларуси наносят все чаще проявляющиеся и охватывающие значительные территории засухи – природное явление, связанное с наличием дефицита влаги. Последний обуславливается проявлением атмосферной засухи, которая усиливает транспирацию растений и иссушают почву, что приводит к возникновению почвенной засухи. Таким образом, засухи имеют атмосферно-почвенную природу [1], при проявлении которых почвы наиболее подвержены климатообусловленным рискам, минимизация которых должна рассматриваться как важнейшая цель адаптации аграрного сектора к изменяющемуся климату. В этом контексте является актуальной и практически востребованной задача по разработке типизации почв и почвенного покрова Беларуси по их степени уязвимости, т.е. склонности или предрасположенности к неблагоприятному воздействию климатических изменений, как информационного процесса принятия решений о возможных подходах и путях к их адаптации.

При этом следует иметь в виду, что на уязвимость почв оказывают влияние не только их внутренние свойства, особенности и структурный состав, но имеют существенное значение внешние социально-экономические и экологические факторы, которые во многом определяют способность почв противостоять изменяющимся климатическим условиям [2].

Несмотря на то, что территория Республики Беларусь расположена в зоне достаточного увлажнения, проблема засух и засушливых явлений, ведущих к снижению урожайности основных сельскохозяйственных культур, а в ряде случаев к деградации земель и негативному изменению ландшафтов, является своевременной и весьма актуальной. За последние десятилетия вероятность возникновения засух и их продолжительность увеличились как за счет глобального изменения (потепления) климата, так и за счет антропогенного воздействия на природную среду (мелиорация земель, нарушение естественного растительного покрова, водоотведение, урбанизация и др.).

Наиболее интенсивные и обширные засухи в Беларуси за последние примерно сорок пять лет наблюдались в 1969, 1969, 1971, 1972, 1975, 1979, 1981, 1986, 1990, 1992, 1994, 1995, 1996, 1999, 2002, 2004, 2006, 2009, 2010, 2012, 2014, 2015, 2016 гг..

Для оценки засушливых явлений в республике используются различные количественные критерии, учитывающие такие параметры, как – максимальная температура воздуха, количество осадков, влажность воздуха, почвы и др. Наиболее распространенными и широко вошедшим в практику показателем является гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК). Месяц, двухмесячный или вегетационный период в Беларуси (лесной зоне) считается засушливым, если для него $ГТК \leq 0,7$. По этому критерию были рассчитаны повторяемость лет с засушливыми явлениями ($ГТК \leq 0,7$) в течение месяца или периода в целом по пунктам и областям республики. В настоящее время эти данные изданы в агроклиматических и климатических справочниках. Для полноты картины засушливых явлений используются

и такие характеристики засух как бездождные периоды в Беларуси (периоды, когда в течение не менее 10 дней подряд суточные суммы осадков не превышали 1 мм).

Следует признать, что при характеристиках и оценке засух основное влияние уделяется как атмосферному явлению, отличающемуся фоновым проявлением. Что касается почвенной засухи, то она проявляется более территориально дифференцированно, что обусловлено природной неоднородностью и мозаичностью почвенного покрова, разнообразием его гидрофизических свойств. Последние зависят не только от типа почв, гранулометрического состава, положения в рельефе, но также от их мелиоративного преобразования и направлений и интенсивности хозяйственной деятельности.

В качестве ключевых характеристик, определяющих степень уязвимости почв к климатическим изменениям, в особенности к засухам и засушливым явлениям, использованы показатели запасов почвенной влаги, ибо «... влагосодержание почвы является прямым действующим передаточным звеном влияния глобальных и региональных изменений климата на региональную структуру почвенно-растительного покрова, определяя в значительной мере и уровень первичной продуктивности» [3]. Наблюдаемое и прогнозируемое потепление климата вызовет очередную негативную цепную реакцию в почвенном покрове, степень проявления которой будет зависеть, в первую очередь, от величины имеющихся влагозапасов в каждой слагающей его почвенной разновидности.

Для количественной характеристики влажности почвы, которая дает представление о почвенной разновидности как носителе информации о влагообеспечивающей способности и уязвимости ее к засухе, использованы результаты натуральных специализированных наблюдений и измерений влажности почвы на различной глубине. Исследования были проведены республиканской гидрометеорологической службой на 84 участках с почвами различного генезиса в течение 28 лет и составляло более 500 тыс. определений проб влажности. Это дало возможность с количественной определенностью типизировать характеристики увлажнения почв и определять их гидрологические особенности и режимы. Подробно анализ и обобщение данного материала изложен в недавно опубликованной монографии профессора Т.А. Романовой [4].

В качестве операционных единиц увлажнения почв использованы две гидрологические почвенные константы: предельная полевая влажность (ППВ) и влажность разрыва капиллярной связи (ВРК).

Под ППВ понимается наибольшее количество подвешенной влаги, т.е. влаги, которая может удержаться в почве без стекания вниз при отсутствии капиллярной связи с грунтовой водой.

ВРК – влажность почвы, при которой нарушается сплошное заполнение капилляров почвы водой и которая характеризует нижний предел влажности почвы, оптимальный для растений. ВРК означает начальную степень повреждения растений от засухи и засушливых явлений и служит важным критерием, определяющим степень уязвимости почв к таким явлениям.

Располагая данными полевой влажности и ППВ каждого 10-ти сантиметрового слоя до глубины 200 см для водобалансовых участков, на всех станциях устанавливалось среднее многолетнее число дней за год и за период апрель-октябрь, когда влажность почвы превышала ППВ, и когда была ниже ВРК, по слоям 0–20, 0–50 и 0–100 см. Оказалось, что самым информативным с точки зрения количественной оценки увлажнения почв разного генезиса и гранулометрического состава, является слой почвы 0–20 см, как наиболее активный, содержащий основную массу корней растений и запасов гумуса, а главное, как слой, в котором всегда можно определить ППВ, тогда как в слое 0–50 см в некоторых почвах (при близком уровне грунтовых вод) она неотделима от ПВ.

Таким образом, в качестве меры (оценки) увлажнения почвы определенного генезиса и гранулометрического состава можно принять: *число дней за год или за вегетационный период, в течение которых содержание влаги в слое 0–20 см превышает ППВ и меньше ВРК.* Использование вышеуказанных гидрологических показателей почв для оценки степени

их уязвимости к засухам и засушливым явлениям позволяет достоверно характеризовать водообеспечивающую способность каждой почвенной разновидности в среднемноголетнем измерении.

На первом этапе данные группировались только по степеням гидроморфизма почв без учета генетического типа и гранулометрического состава. По каждой группе подсчитывалось среднее арифметическое число случаев превышения ППВ в слое 0–20 см за год и за период апрель-октябрь. Одновременно отмечались случаи, когда влажность почвы составляла меньше 60% ППВ, то есть, была ниже ВРК. Это позволило установить различия, которые четко отражают генетическую природу увлажнения, т.е. степень гидроморфизма почв, несмотря на то, что в группировке участвовал весь спектр почв по гранулометрическому составу (таблица 1).

Таблица 1 – Среднемноголетняя увлажненность почв разной степени гидроморфизма

| Степень гидроморфизма почв | Число дней с содержанием общей влаги в слое 0–20 см >ППВ и <ВРК | | |
|---|---|--------------------------|------|
| | >ППВ за год | за период апрель-октябрь | |
| | | >ППВ | <ВРК |
| Автоморфные | 10 | 5 | 122 |
| Оглеенные внизу и оглеенные на контакте | 30 | | |
| Временно избыточно увлажняемые (слабоглееватые) | 60 | 32 | 82 |
| Глееватые | 100 | 72 | 46 |
| Глеевые | 230 | 118 | 11 |

Как следует из данных таблицы 1 отмечены существенные различия средней многолетней увлажненности почв обнаруживаются как за год, так и за вегетационный период. Повышенные показатели, относящиеся к глеевым почвам, объяснимы тем, что в данной таблице в эту группу включены дерново-подзолисто-глеевые и дерновые глеевые почвы, последние с более высоким содержанием гумуса.

Показатели увлажненности почв за вегетационный период позволяют даже в обобщенном виде отметить некоторые особенности режима их влажности. Прежде всего, из числа автоморфных не выделяются почвы оглеенные внизу или на контакте с подстилающей породой, поскольку содержание влаги выше ППВ в пахотном слое этих почв имеет место, главным образом, зимой или ранней весной (не приходится на вегетационный период). В среднем многолетнем исчислении недостаток влаги в этих почвах резко преобладает над ее избытком. В слабоглееватых (временно избыточно увлажняемых) почвах содержание влаги ниже ВРК ощущается также чаще, чем ее избыток, из чего следует, что растения на таких почвах страдают не столько от избытка, сколько от недостатка влаги. В увлажненности глееватых почв отразился контрастный характер режима их влажности: ощутимый недостаток влаги вместе с доминированием избыточного увлажнения. Глеевые почвы в течение всего года и вегетационного периода испытывают преобладание избыточного увлажнения пахотного слоя.

Большой массив имеющихся данных дал возможность разделить почвы по степени влагообеспеченности, исходя из их гранулометрического состава, гидроморфизма и строения почвообразующих пород. При этом особое внимание было уделено такому показателю как ВРК и количеству дней в вегетационный период, в течение которых почва характеризуется ниже его величины. Из таблицы 2 следует, что наиболее уязвимыми к засухам и засушливым явлениям являются дерново-подзолистые автоморфные песчаные и рыхлосупесчаные почвы, подстилаемые песками, на которых количество дней с влажностью меньше влажности ВРК достигает за многолетний период 170 дней, а максимальное число дней – составляет 190 дней.

Таблица 2 – Группы почв Беларуси по степени уязвимости к засухам и засушливым явлениям

| Группы почв | | Число дней вегетативного периода (апрель-октябрь) с влажностью почвенного горизонта 0–20 см | | | Степень уязвимости почв |
|---|--|---|------|--|-------------------------|
| | | >ППВ | <ВРК | максимальное количество дней с недостатком влаги | |
| Дерново-подзолистые автоморфные и оглеенные внизу и на контакте | Песчаные и рыхлосупесчаные, подстилаемые песками | 10 | 170 | 190 | наиболее уязвимые |
| | Песчаные и супесчаные, подстилаемые мореной | 10 | 120 | 170 | сильно уязвимые |
| | Суглинистые моренные | 10 | 100 | 120 | средне уязвимые |
| | Суглинистые лессовидные | 10 | 100 | 130 | средне уязвимые |
| | Тяжелосуглинистые и глинистые | 20 | 80 | 90 | слабо уязвимые |
| Дерново-подзолистые слабоглеватые | Песчаные и супесчаные, подстилаемые песками | 20 | 120 | 140 | средне уязвимые |
| | Песчаные и супесчаные, подстилаемые мореной | 30 | 90 | 110 | средне уязвимые |
| | Суглинистые моренные | 40 | 80 | 100 | средне уязвимые |
| | Группы почв | Число дней вегетативного периода (апрель-октябрь) с влажностью почвенного горизонта 0–20 см | | | Степень уязвимости почв |
| | | >ППВ | <ВРК | максимальное количество дней с недостатком влаги | |
| | Суглинистые лессовидные | 30 | 80 | 100 | средне уязвимые |
| Тяжелосуглинистые и глинистые | 40 | 50 | 80 | слабо уязвимые | |
| Дерновые глееватые и глеевые | Песчаные и супесчаные, подстилаемые песками | 20 | 90 | 100 | средне уязвимые |
| | Песчаные и супесчаные, подстилаемые мореной | 30 | 90 | 80 | слабо уязвимые |
| | Суглинистые моренные | 80 | 30 | 40 | слабо уязвимые |
| | Суглинистые лессовидные | 90 | 20 | 40 | слабо уязвимые |
| | Тяжелосуглинистые и глинистые | 90 | 30 | 35 | слабо уязвимые |
| Торфяно-болотные | Торфяно-болотные неосушенные | 240 | 0 | 0 | слабо уязвимые |
| | Торфяно-болотные осушенные | 110 | 10 | 15 | слабо уязвимые |
| Аллювиальные (пойменные) | Аллювиальные почвы высокой и гривистой поймы | 90 | 10 | 15 | слабо уязвимые |
| | Аллювиальные почвы средней и притеррасной поймы | 220 | 5 | 10 | слабо уязвимые |

Примечание: ППВ – полная полевая влажность; ВРК – влажность разрыва капиллярной связи.

Достаточно распространенными почвами являются сильно и среднеуязвимыми. К ним относятся, прежде всего, почвы более связного гранулометрического состава, имеющие более короткий период иссушения, составляющий от 90 до 120 дней вегетационный период. Наконец, слабоуязвимые почвы приурочены к периодически или постоянно переувлажненным их вариантам, занимающие, как правило, отрицательные формы рельефа с близкими к поверхности уровнями грунтовых вод, и находящаяся, как правило, под естественной растительностью. Разработанная нами матрица позволяет более наглядно и оперативно определять степень уязвимости весь спектр почв республики к проявлению засух и засушливых явлений. При чем ее содержание с успехом можно использовать для группировки почв как на национальном, так и на региональном, субрегиональном и локальном уровнях организации почвенного покрова.

В рамках выполненного исследования были определены площади разной степени уязвимости почв к засухам, выраженные в %, занимаемые в настоящее время (1989–2011 гг.) в существующих и прогнозных агроклиматических зонах (2015–2030 гг., 2041–2060 гг.). Для этого были использованы карты агроклиматических зон с указанием сумм температур выше 10°C, разработанные кандидатом географических наук Мельником В.И. Полученные результаты свидетельствуют о постепенном увеличении доли наиболее уязвимых и сильноуязвимых почв в агроклиматических зонах с повышенными суммами температур свыше 10°C. Это касается агроклиматических зон с диапазоном сумм температур более 28900–3000 и более 3000°C. Расширение площадей таких почв будет происходить за счет, главным образом, перехода сильноуязвимых почв в категории наиболее уязвимых и среднеуязвимых – в сильноуязвимую. Эта тенденция затронет в первую очередь южные и частично центральные регионы Беларуси, которые характеризуются наличием в них значительной доли легких минеральных и осушенных почв. При этом будет отмечаться повсеместное уменьшение доли почв всех степеней уязвимости в агроклиматических зонах с суммой температур 2200–2400 и 2400–2600°C.

Кроме того, нами впервые была составлена с использованием ГИС-технологий общенациональная карта уязвимости групп почв Республики Беларусь к засухам и засушливым явлениям. Как следует из ее содержания, отмечены существенные территориальные различия в размещении и концентрации почв разной степени уязвимости к проявлению засух и засушливых явлений, что обусловлено пространственной рассредоточенностью различных по генезу, гранулометрическому составу и гидроморфизма почв. Кроме того, на их свойства существенную роль оказал длительное влияние хозяйственной деятельности. Последнее привело к изменению влагообеспеченности почв, прежде всего под влиянием гидротехнической мелиорации земель, сведение лесов и распашки земель, развитию деградации почв в результате интенсификации аграрного землепользования. Все это отразилось на изменении влагозапасов почв, что на фоне повышения температур воздуха, роста испарения способствовало увеличению уязвимости почв к засухам и засушливым явлениям. Изменения водного режима почв под влиянием мелиоративных приемов земледелия, по вполне понятным причинам, относятся к категории наиболее существенных, поскольку они целенаправленно изменяют увлажненность почв и прямо или косвенно влияют на тип водного режима.

Относительно высокая концентрация разной степени уязвимости почв к засухам и засушливым явлениям приурочена к южным регионам республики, и прежде всего, Полесском региона. Это объясняется не только преобладанием здесь легких по гранулометрическому составу почв, наличием высокой доли здесь песчаных и рыхлосупесчаных почв, но также широким распространением осушенных минеральных (1,2 млн. га) и торфяных (0,7 млн. га) почв. Интенсивное использование привело к глубокой трансформации и формированию на их месте органоминеральных почв, что в совокупности с учащением и ростом интенсивности засух привело к усилению уязвимости к данному климатическому явлению региона в целом.

В связи с расширением и интенсификацией засух и засушливых явлений на территории Беларуси, назрела необходимость их мониторинга и пространственного распределения с помощью спутниковых систем, с применением методов дистанционного зондирования и диагностики. Наряду с применением прямых полевых исследований определения влагозапасов почв назрела необходимость научного обоснования и создания системы расчетных прикладных моделей применительно к почвенным и климатическим условиям Беларуси, позволяющим в оперативном режиме определить и спрогнозировать влияние климатических факторов на состояние почв и продуктивности культивируемых на них сельскохозяйственных культур.

Кроме того, к числу первоочередных мероприятий следует отнести:

– Совершенствование нормативно-правовой базы в области устойчивого землепользования. Для чего в развитие положений Кодекса Республики Беларусь о земле целесообразны разработка и принятие Закона Республики Беларусь «Об охране земель/почв» ввести нормы обеспечения и регулирования политики и мер по адаптации к изменяющемуся климату с учетом структурных и функциональных особенностей почв и почвенного покрова.

– Разработка нормативов технологических регламентов в земледелии и растениеводстве, направленных на реализацию принципов и мер по их адаптации и условиям изменяющегося климата должна учитывать различия почвенно-климатических условий и степень уязвимости почв к засухам, засушливым и другим климатическим явлениям.

– Произвести углубленную количественную оценку климатических факторов при разработке бонитировки почв и кадастровой оценки земель республики.

– Разработать общереспубликанскую методику эколого-экономической оценки почв как объекта экосистемных услуг и использование ее результатов при страховании от неблагоприятных климатических явлений.

– При крупномасштабном почвенном картографировании и землеустроительном проектировании особое внимание уделить выявлению наиболее уязвимых почв к засухам и засушливым явлениям, а также определения сельскохозяйственных земель, нуждающихся в орошении агрофитоценозов.

– Для успешного выполнения обязательств Республики Беларусь в рамках выполнения Рамочной конвенции ООН по изменению климата, Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием/деградацией земель необходима активизация научно-методического обеспечения и расширения экспериментального изучения и инвентаризации стока и эмиссии парниковых газов, в частности CO₂, агроэкосистемами, включая почвами, с целью определения вклада в их общий баланс и влияние на климат.

– Совершенствование автоматизированной оперативной системы оценки засух, включая их влияние на почвы, с возможностью более объективной оценки величин снижения продуктивности сельскохозяйственных культур.

Список использованных источников

1 Хлебников Е.И., Павлова Т.В., Сперанская Н.А. Засухи // Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. – Москва, 2011. – С. 126–164.

2 Brooks N., Adger W., Kelly P. The determinants of vulnerability and adaptive capacity of the national level and the implications for adaptation. *Global Environmental Change* 15, 2005. – P. 151–163.

3 Логинов В.Ф., Волчек А.А. Водный баланс речных водосборов Беларуси. – Минск: «Тонник», 2006. – 106 с.

4 Романова Т.А. Водный режим почв Беларуси. – Минск: УП «ИВЦ Минфина», 2015. – 144 с.

5 Яцухно В.М. О месте и роли почв в осуществлении Республики Беларусь международных природоохранных конвенций. Воспроизводство плодородия почв и их охрана в условиях современного земледелия, 2015. – С. 340–343.

С.А. Дубенок, П.Н. Захарко, Ю.В. Голод
Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», Минск

ВОССТАНОВЛЕНИЕ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ В ЧЕРТЕ КРУПНЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Развитие урбанизации тесно связано с существенными изменениями природных комплексов на территории населенных пунктов. При этом преобразование элементов окружающей среды зачастую происходит не путем их естественного включения в городской ландшафт, а путем кардинального изменения или ликвидации. В результате при формировании современной городской среды, отдельные элементы природного ландшафта, например, малые водоемы и водотоки, просто исчезают.

Современные градостроительные тенденции в развитых странах мира ориентированы на формирование городской среды в гармонии с природным ландшафтом, причем эти тенденции связаны не только с сохранением, но и с восстановлением отдельных элементов окружающей среды в городской черте.

Изучение мирового опыта указывает, что вопросам восстановления водотоков в населенных пунктах существенное внимание уделяется достаточно давно.

Восстановление малых водотоков на урбанизированных территориях является предметом интересов международных специализированных и академических организаций и реализовано в целом ряде европейских программ: REURIS (REvitalisation of Urban RIver Spaces) [1], Rive Restoration Work shop [2] и др.

В мировой практике существует целый ряд успешных масштабных проектов по реабилитации малых водотоков и территорий, прилегающих к ним в пределах урбанизированных территорий: программа реабилитации малых рек Лондона (Великобритания), река Мансанарес (Испания), реки Лос-Анжелес и Сан-Антонио (США), река Чхонгечхон (Южная Корея) и др. В ряде стран существуют национальные программы по восстановлению малых водотоков.

В Республике Беларусь комплексный подход по реабилитации (восстановлению) малых водотоков в пределах населенных пунктов с примерами разработки и реализации системы инженерно-экологических мероприятий по восстановлению и с организацией системы мониторинга состояния восстановленного водотока в период последующей эксплуатации (по аналогии с европейскими проектами восстановления малых водотоков), до настоящего времени не реализовывался.

Научные исследования по оценке состояния и восстановлению малых водотоков в черте крупных населенных пунктов в стране начаты в 2016 г. в рамках одного из заданий подпрограммы II «Устойчивое использование природных ресурсов и охрана окружающей среды» Государственной научно-технической программы «Природопользование и экологические риски», 2016–2020 гг.

Целью проводимого исследования является разработка программ восстановления трех малых водотоков в черте крупных населенных пунктов, определенных в качестве приоритетных для восстановления по результатам изучения их экологического состояния и условий водопользования.

В рамках научных исследований 2016 г. на основании анализа фондовых материалов, данных гидрологических наблюдений, проводимых в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды (НСМОС), литературных источников, исследований, ранее проводившихся в РУП «ЦНИИКИВР», выделено 34 малых водотока, расположенных целиком либо частично в черте 12 крупных населенных пунктов республики: Минск, Могилев, Витебск, Гродно, Брест, Бобруйск, Борисов, Пинск, Орша, Новополоцк, Лида и Молодечно. Результатом работ 2016 г. явилось ранжирование 34 малых водотоков по уровню испытываемой антропогенной нагрузки, выраженной в следующих основных показателях:

- изменение гидроморфологических характеристик водотока (спрямление русла, углубление, канализование);
- изменение условий и режима формирования стока (снижение стока за счет изъятия воды, зарегулированность стока искусственными водоемами (пруды и водохранилища) на водотоке, увеличение стока за счет поступления сточных вод и т.п.);
- изменение гидрохимического и гидробиологического состояния водотока [3].

Как показало рекогносцировочное обследование, экологическое состояние малых водотоков в ряде населенных пунктов является неудовлетворительным, а состояние прибрежных полос не соответствует действующим экологическим и градостроительным требованиям. В наиболее неблагоприятном экологическом состоянии находятся малые водотоки, полностью или частично заключенные в коллекторы и утратившие природную способность к самоочищению.

По указанному комплексу показателей, а также по состоянию водоохраных зон и прибрежных полос на малых водотоках в черте крупных населенных пунктов, из перечня обследованных выделены наиболее проблемные водотоки (р. Дебря в г. Могилев, р. Дручанка в г. Новополоцк, р. Уша в пределах г. Молодечно), по которым в 2017 г. проводится комплекс гидрологических, гидрохимических и гидробиологических исследований с разработкой программ по их реабилитации.

Река Уша в черте г. Молодечно

Комплекс исследований по р. Уша в пределах г. Молодечно включал также и левый приток Уши – реку Молодечанка длиной 5,3 км, водосбор которой целиком находится в пределах города.

Река Уша является одним из немногих малых водотоков, на котором функционирует стационарная сеть наблюдений НСМОС:

- гидрохимические наблюдения на двух створах: г. Молодечно (0,3 км севернее города) и г. Молодечно (0,7 км ниже города);
- гидробиологические наблюдения на двух створах: г. Молодечно (0,3 км севернее города) и г. Молодечно (0,7 км ниже города);
- пункт наблюдений локального мониторинга КУП «Молодечноводоканал» (выпуск сточных вод в р. Уша, н.п. Бушевица (0,2 км ниже г. Молодечно); фоновый створ на р. Уша; контрольный створ на р. Уша).

Створы гидроморфологических наблюдений НСМОС на р. Уша отсутствуют.

Водопользование в бассейне р. Уша в пределах города включает добычу подземных вод, в том числе минеральных, сброс сточных вод в водный объект. Добычу подземных вод осуществляют 9 предприятий, сброс сточных вод в водный объект, из 9-ти предприятий, осуществляют только 2 предприятия.

Крупнейшими водопользователями в пределах г. Молодечно являются КУП «Молодечноводоканал» и ГПУП «Коммунальник».

КУП «Молодечноводоканал» осуществляет добычу, водоподготовку (очистку), транспортировку питьевой воды потребителям и абонентам, а также транспортировку и очистку сточных вод на очистных сооружениях.

В настоящее время г. Молодечно обеспечивается водой, поступающей из двух групповых подземных водозаборов: «Геленово» и «Криница», расположенных в бассейне р. Уша. Общее потребление воды составляет около 30 тыс. м³/сут, что составляет 92–95% от суммарного объема добываемой воды в бассейне р. Уша в пределах г. Молодечно.

На очистные сооружения биологической очистки КУП «Молодечноводоканал», производительностью 31 тыс. м³/сут, поступают сточные воды от предприятий, объектов социальной сферы и жилого фонда г. Молодечно. Очищенные сточные воды сбрасываются в р. Уша.

ГПУП «Коммунальник», являясь предприятием по обслуживанию коммунальных сетей дождевой канализации г. Молодечно, осуществляет сбор, транспортировку и очистку поверхностных сточных вод с территории города, с последующим их сбросом в водные объекты. В р. Уша по системе дождевой канализации ГПУП «Коммунальник» отводятся поверхностные сточные воды от селитебных территорий, промплощадок предприятий,

частного сектора посредством 8 выпусков сточных вод, один из которых оборудован очистными сооружениями поверхностных сточных вод. Восемь выпусков сточных вод представлены открытыми каналами, в которые впадают коллекторы дождевой канализации с различных частей города, один выпуск представлен закрытым коллектором дождевой канализации.

В р. Молодечанка ГПУП «Коммунальник» сбрасывает поверхностные сточные воды через 2 выпуска, на каждом из которых установлены очистные сооружения поверхностных сточных вод. Контроль качества сточных вод, поступающих на очистные сооружения и сбрасываемых после очистных сооружений в водоток, контроль качества сточных вод, поступающих в сети городской дождевой канализации от предприятий-абонентов ГПУП «Коммунальник», не осуществляется.

Анализ качества вод р. Уша в створах 0,3 км севернее города Молодечно и 0,7 км ниже города Молодечно за 2014–2015 гг. указывает, что концентрации практически всех контролируемых ингредиентов в р. Уша в створе ниже г. Молодечно превышают концентрации в створе выше города в диапазоне 1,05–6,62 раза. При этом наибольшее увеличение концентраций в створе ниже города наблюдается по содержанию соединений азота и фосфора, повышается концентрация органических веществ по показателям БПК₅ и ХПК в 1,74 и 1,18 раз соответственно, увеличивается содержание взвешенных веществ и хлорид-иона. Широкий диапазон увеличения концентраций загрязняющих веществ свидетельствует о наличии нескольких источников поступления загрязнения в р. Уша с территории г. Молодечно (как в составе сточных вод от коммунальных очистных сооружений, так и в составе поверхностных сточных вод, отводимых с территории города по системе городской дождевой канализации).

Проведенные государственным учреждением «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (далее – Белгидромет) гидробиологические исследования в створе р. Уша 0,3 км севернее города Молодечно за период 2012–2015 гг. показали, что для данного участка реки характерна тенденция к ухудшению состояния экосистемы и, соответственно, снижению экологического статуса: 2012 г. – «отличный», 2013 г. – «хороший», 2015 г. – «удовлетворительный». В створе р. Уша 0,7 км ниже города Молодечно экологический статус составил: 2012 г. – «плохой», 2013 г. – «удовлетворительный», 2015 г. – «хороший».

С учетом расположения выпусков сточных вод в р. Уша в пределах города, на водотоке был выделен дополнительный участок, на котором РУП «ЦНИИКИВР» и Белгидромет проведен комплекс гидрологических, гидроморфологических и гидробиологических исследований. Створ располагался ниже 7 выпусков ГПУП «Коммунальник» в р. Уша и выше выпуска сточных вод КУП «Молодечноводоканал» в р. Уша. Экологический статус составил: май 2017 г. – «удовлетворительный», июль 2017 г. – «хороший».

Ручей Дебря в черте г. Могилева

Ручей Дебря длиной 3,44 км целиком протекает по территории г. Могилева и является правым притоком р. Днепр, впадая в него в центральной части города.

Створы гидробиологических, гидрологических, гидрохимических и гидроморфологических наблюдений НСМОС на р. Дебря отсутствуют.

Водопользование в бассейне р. Дебря включает только сброс сточных вод в водный объект (МГКУ «Дорожно-мостовое предприятие»). Добыча подземных вод, изъятие поверхностных вод в бассейне р. Дебря не осуществляется.

МГКУ «Дорожно-мостовое предприятие», являясь предприятием по обслуживанию коммунальных сетей дождевой канализации г. Могилева, осуществляет сбор, транспортировку и очистку поверхностных сточных вод с территории города, с последующим их сбросом в р. Дебря р. Струшня, р. Казимировский, р. Днепр.

На балансе МГКУ «Дорожно-мостовое предприятие» находится 9 выпусков поверхностных сточных вод в р. Дебря. На всех выпусках отсутствуют очистные сооружения поверхностных сточных вод. Постоянный лабораторный контроль качества сточных вод р. Дебря, а также учет объема сбрасываемых сточных вод в р. Дебря осуществляется только по двум выпускам с наибольшей площадью водосборов. Кроме того, МГКУ «Дорожно-мостовое

предприятие» осуществляет только выборочный контроль качества сточных вод на сбросе в сети городской дождевой канализации от предприятий-абонентов. В связи с чем, отсутствует информация о количестве и составе сточных вод, поступающих с промплощадок предприятий-абонентов МГКУ «Дорожно-мостовое предприятие» в сети городской дождевой канализации и далее в р. Дебря.

Анализ качества вод р. Дебря в створе выше первого из двух контролируемых выпусков (принят как фоновый створ) и ниже второго из двух контролируемых выпусков (принят как контрольный створ) за 2015–2016 гг. указывает, что концентрации всех контролируемых ингредиентов и показателей: водородный показатель, нефтепродукты, взвешенные вещества, азот аммонийный – в контрольном створе превышают концентрации в фоновом створе в диапазоне 1,01–1,66 раза. При этом наибольшее увеличение концентраций в контрольном створе наблюдается по нефтепродуктам и азоту аммонийному, что свидетельствует о наличии иных источников поступления загрязнения в р. Дебря с территории г. Могилева помимо поверхностных сточных вод.

Проведенное рекогносцировочное обследование р. Дебря показало, что русло ручья в верхнем течении (участок от пер. Круглый до ул. Тимирязева) захламлено бытовыми и строительными отходами. На некоторых участках водотока доступ к руслу невозможен, поскольку по урезу воды расположено ограждение земельных участков граждан, что является нарушением режима хозяйственной деятельности в прибрежной полосе р. Дебря.

С учетом расположения вышеперечисленных источников антропогенного воздействия на водоток, р. Дебря был разделен на три участка, на которых РУП «ЦНИИКИВР» и Белгидромет проведен комплекс гидрологических, гидроморфологических и гидробиологических исследований. Первый створ располагался на расстоянии 3,33 км от устья Дебри (выше всех выпусков сточных вод в р. Дебря), второй створ – 1,10 км от устья (ниже семи выпусков поверхностных сточных вод МГКУ «Дорожно-мостовое предприятие» в р. Дебря), третий створ – 0,17 км от устья (устье р. Дебря).

Проведенные Белгидромет в мае 2017 г. и июле 2017 г. гидробиологические исследования р. Дебря во всех створах наблюдений показали, что гидробиологический статус водотока определен как «очень плохой».

Ручей Дручанка в черте г. Новополоцка

Ручей Дручанка длиной 3,95 км целиком протекает по территории промышленной зоны г. Новополоцка и является левым притоком реки Западная Двина. В верхнем течении практически на всем протяжении водоток канализован. Левобережная часть водосбора – это территория промышленных предприятий. На этом участке ручья площадь водосбора представляет собой промышленную застройку, поверхностный сток с которой, по дождевым коллекторам попадает в русло ручья. Правобережная часть водосбора в основном покрыта лесом и заболоченным кустарником, здесь процессы формирования склонового стока осуществляются в естественных условиях.

Створы гидробиологических, гидрологических, гидрохимических и гидроморфологических наблюдений НСМОС на ручье Дручанка отсутствуют.

Водопользование в бассейне р. Дручанка осуществляют три предприятия: ОАО «Нефтезаводмонтаж», Новополоцкая ТЭЦ филиал РУП «Витебскэнерго» и ОАО «Нафтан», сбрасывающие сточные воды в ручей.

На балансе Новополоцкой ТЭЦ филиал РУП «Витебскэнерго» (далее – Новополоцкая ТЭЦ) имеется три выпуска сточных вод в р. Дручанка: выпуск промливневых сточных вод после очистных сооружений (выпуск № 1), аварийный выпуск (выпуск № 2), выпуск со шламонакопителя (выпуск №3).

ОАО «Нефтезаводмонтаж» осуществляет сброс поверхностных сточных вод с промышленной площадки в р. Дручанка посредством 1 выпуска.

ОАО «Нафтан» осуществляет сброс поверхностных сточных вод в р. Дручанка посредством 6 выпусков, два из которых оборудованы очистными сооружениями.

Анализ качества вод р. Дручанка в створе выше 4 выпусков ОАО «Нафтан» и 2 выпусков Новополоцкой ТЭЦ (фоновый створ) и ниже всех выпусков сточных вод в

р. Дручанка (контрольный створ) за 2016 гг. указывает, что значения водородного показателя, концентрация взвешенных веществ в контрольном створе превышают их значения в фонном створе в 1,1 раз и 1,9 раза, соответственно.

Проведенное рекогносцировочное обследование р. Дручанка указывает на имеющееся в верхнем и среднем течении значительное антропогенное воздействие от промышленной зоны г. Новополоцк. Ручей в верхнем течении канализован и утратил природную самоочищающую способность. Русло ручья и прибрежная растительность в среднем течении на отдельных участках загрязнены нефтепродуктами. В нижнем течении на ручье создан ливневой пруд ОАО «Нафтан», который также значительно изменил гидрологические и гидроморфологические характеристики ручья.

С учетом расположения вышеперечисленных источников антропогенного воздействия на водоток, р. Дручанка был разделен на три участка, на которых РУП «ЦНИИКИВР» и Белгидромет проведен комплекс гидрологических, гидроморфологических и гидробиологических исследований.

Первый створ (далее – створ 1) располагался на расстоянии 2,8 км от устья (выше четырех выпусков ОАО «Нафтан» и Новополоцкой ТЭЦ), второй створ (далее – створ 2) – на расстоянии 1,0 км от устья (ниже всех выпусков ОАО «Нафтан», ОАО «Нефтезаводмонтаж» и Новополоцкой ТЭЦ), третий створ (далее – створ 3) – на расстоянии 0,3 км от устья р. Дручанка (после ливневого пруда ОАО «Нафтан»).

Гидробиологический статус р. Дручанка при сезонных отборах составил: в створе 1 – «плохой», в створе 2 – «очень плохой», в створе 3 – «хороший» (май 2017 г.); в створе 1 – «очень плохой», в створе 2 – «очень плохой» и в створе 3 – «удовлетворительный» (июль 2017 г.).

На основании проведенной работы РУП «ЦНИИКИВР» разработан комплекс мероприятий на водосборах и непосредственно на водотоках, направленных на восстановление экологического состояния р. Уша и р. Молодечанка в пределах г. Молодечно, р. Дебря в пределах г. Могилева и р. Дручанка в пределах г. Новополоцка.

Основные природоохранные мероприятия на водосборах малых водотоков:

- корректировка проектов водоохранных зон и прибрежных полос для р. Уша и р. Молодечанка в пределах г. Молодечно, р. Дебря в пределах г. Могилева и разработка проекта водоохранных зон и прибрежных полос для р. Дручанка в пределах г. Новополоцка;
- разработка схемы развития дождевой канализации г. Молодечно;
- сбор и очистка поверхностных сточных вод с территорий предприятий г. Могилева и г. Молодечно;
- повышение эффективности очистки сточных вод на очистных сооружениях предприятий (ГПУП «Коммунальник», г. Молодечно);
- устранение несанкционированных свалок ТКО на водосборах р. Дебря и р. Дручанка.

Основные природоохранные мероприятия на малых водотоках:

- организация системы гидрологического мониторинга на р. Дебря, р. Уша и р. Дручанка; гидробиологического мониторинга – на р. Дебря и р. Дручанка;
- проведение полной инвентаризации выпусков сточных вод дождевой канализации в р. Уша и р. Молодечанка с установлением их балансовой принадлежности и координатной привязкой;
- ликвидация выпусков сточных вод в р. Дебря и р. Молодечанка, не имеющих ведомственной принадлежности (несанкционированные выпуски);
- организация учета и контроля сброса сточных вод в р. Дебря, р. Уша, р. Молодечанка и р. Дручанка;
- инженерное обустройство отдельных участков русел р. Дебря, р. Молодечанка.

Проведение природоохранных мероприятий вместе с организацией ограничительных мероприятий на водосборах малых водотоков в черте усадебной застройки (использование водонепроницаемых выгребов, организация вывоза твердых коммунальных отходов и др.) позволят снизить уровень антропогенной нагрузки на водотоки и улучшить их экологический статус.

Проводимое исследование по восстановлению малых водотоков в черте крупных населенных пунктов позволило также выявить ряд проблем, как законодательного, так и научно-методического характера в области сохранения и восстановления малых водотоков.

В отличие от национального законодательства, в российской и международной практике используется более широкий круг терминов, касающихся использования и охраны малых водотоков («истощение», «реабилитация», «реконструкция», «реставрация»), позволяющих дифференцированно рассматривать проблему как с точки зрения улучшения качества воды водотока, так и с позиций инженерного обустройства водотока, направленных на улучшение их экологического состояния по совокупности гидрологических, гидрохимических и гидробиологических характеристик и рекреационного потенциала, обеспечивающих надлежащий уровень социальной привлекательности территории для населения.

Необходимо также отметить отсутствие методических и законодательных требований в области оценки ресурсного потенциала малых водотоков для населенных пунктов с целью недопущения конфликтов интересов водопользователей в населенном пункте и принятия оптимальных управленческих решений по их дальнейшему использованию.

В перспективе на период 2019–2020 гг. при наличии финансирования планируется разработка программ восстановления всех малых водотоков в черте крупных населенных пунктов Республики Беларусь.

Список использованных источников

- 1 Urbanrivers – vitalspaces. Manual for urban river revitalization, 2012. – 327 p.
- 2 Интернет-ресурс – <http://www.therrc.co.uk/trc-courses-and-workshops>. Дата доступа – 01.09.2017.
- 3 Отчет о НИР 2.1.7 подпрограммы II ГНТП «Природопользование и экологические риски», 2016–2020 гг. «Оценить экологическое состояние малых водотоков в пределах крупных населенных пунктов Республики Беларусь и разработать мероприятия по их восстановлению на примере нескольких малых водотоков» (промежуточный) //РУП «ЦНИИ-КИВР»/УДК 504.453/556.53. Мн. – 2016.

УДК 556

П.Н. Захарко, А.А. Поздняков, Ю.В. Голод

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», Минск

ОПТИМИЗАЦИЯ ВОДООТВЕДЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ ВКХ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ПРИРОДООХРАННОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА

Основными видами деятельности предприятий водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ) является добыча (изъятие) воды, ее очистка (водоподготовка), транспортировка воды требуемого качества с заданными характеристиками (расход, давление) абонентам и потребителям, а также сбор и очистка сточных вод, поступающих от абонентов и потребителей, собственных объектов ВКХ.

Функционирование системы питьевого водоснабжения и системы водоотведения в Республике Беларусь регулируется целым рядом нормативных правовых актов (НПА) и технических нормативных правовых актов (ТНПА) в области питьевого водоснабжения, санитарно-эпидемиологического благополучия населения, актами природоохранного законодательства и законодательства в области архитектурной и градостроительной деятельности.

В процессе функционирования объектов системы питьевого водоснабжения часть добываемой (изымаемой) воды может использоваться на обслуживание водозаборных сооружений и сооружений водоподготовки, сооружений систем водоснабжения, объектов канализационного хозяйства и объектов вспомогательного назначения (котельные, лаборатории, мастерские и др.), расположенных на территории водоснабжающих организаций, обслуживание

производственных объектов, размещенных вне территории и производственных помещений водоснабжающих организаций и предназначенных для транспортирования воды от насосной станции II подъема до потребителя. Часть воды расходуется предприятиями ВКХ на собственные хозяйственно-питьевые нужды, на поливку собственных территорий [1, 2]; часть воды теряется в процессе доставки ее потребителю через повреждения водоводов и водопроводной сети, при опорожнении трубопроводов для проведения ремонтных работ и замены оборудования и устройств.

Определение условий образования отдельных категорий производственных вод, образующихся в процессе эксплуатации объектов ВКХ, указано в Инструкции по оценке и расчету норматива технологических расходов воды в системах коммунального водоснабжения населенных пунктов Республики Беларусь, утвержденной постановлением Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь от 29 декабря 2004 г. № 39 (далее – Инструкция 39) [1].

Однако Инструкция № 39 была разработана более 10 лет назад и не регламентирует учет целого ряда производственных вод (технологических расходов воды), которые могут образовываться на предприятиях ВКХ в процессе эксплуатации систем питьевого водоснабжения и не учитываются в настоящее время предприятиями ВКХ при расчете технологических расходов воды.

РУП «ЦНИИКИВР» в рамках научно-исследовательской работы проведен анализ действующего законодательства в области ВКХ, рационального использования и охраны водных ресурсов, в области питьевого водоснабжения и санитарно-эпидемиологического благополучия населения, в области архитектурно-строительной деятельности и проектирования на предмет наличия природоохранных, санитарно-гигиенических, градостроительных требований к условиям использования и сброса производственных вод, образующихся в процессе эксплуатации объектов ВКХ.

По результатам анализа установлено, что НПА и ТНПА регламентируют порядок проведения работ на объектах ВКХ без указания категорий вод, образующихся в процессе эксплуатации этих объектов.

Законодательством также не регламентированы условия отведения вод, образующихся на объектах ВКХ, что вызывает существенные затруднения при проектировании таких объектов: «в проекте должны быть отражены требования к оборудованию мест сброса воды после откачек [3, 4]», «при разработке проекта станции водоподготовки одновременно должен разрабатываться проект обработки промывных вод и осадка [5]», «при производительности станций водоподготовки более 5000 м³/сут необходимо предусматривать повторное использование промывных вод фильтров [6], «система оборота промывных вод должна включать: подачу промывных вод от промывки фильтров в отстойники – осветление воды в отстойнике – перекачку осветленной воды в исходную воду, поступающую на фильтры – уплотнение осадка в отстойнике – перекачку осадка на шламовые площадки для обезвоживания [5]». При наличии таких формулировок в ТНПА по проектированию, порядок реализации проектных решений в силу, как объективных, так и субъективных причин, затруднителен.

В результате функционирования объектов систем питьевого водоснабжения могут образовываться следующие категории воды, сбрасываемые в сети канализации и, непосредственно, в окружающую среду:

- воды от прокачки (откачки) скважин;
- промывные воды, воды после дезинфекции скважин и сборных водоводов I подъема;
- остатки воды при опорожнении РЧВ, водонапорных башен перед чисткой;
- промывные воды, воды после дезинфекции РЧВ, водонапорных башен;
- промывные воды сооружений водоподготовки (станции обезжелезивания);
- промывные воды, воды после дезинфекции бактерицидных установок (установки УФО);
- промывные воды от чистки и дезинфекции отстойников и осветлителей на сооружениях водоподготовки;

- промывные воды от чистки и дезинфекции баков реагентного хозяйства;
- промывные воды, воды после дезинфекции водопроводных сетей.

С теоретической и практической точек зрения, отдельные категории перечисленных вод могут являться сточной водой, а часть из них – к сточным водам не относится.

Согласно действующему законодательству к сточным водам относят воды, образующиеся при следующих процессах эксплуатации объектов ВКХ:

- шламодержащие воды после промывки фильтров и удаления осадка из отстойников или осветлителей;
- осадок отстойных сооружений и реагентного хозяйства;
- воды после дезинфекции и промывки объектов системы питьевого водоснабжения;
- отработанные дезинфицирующие растворы.

В свою очередь, статья 46 Водного кодекса Республики Беларусь к сточным водам из вышеперечисленных категорий вод не относит только воды от прокачки водозаборных сооружений, предназначенных для добычи подземных вод. Категории оставшихся вод действующим законодательством не определены.

РУП «ЦНИИКИВР» в рамках работы с одним из крупных водоканалов Республики Беларусь изучены режимы и условия водопользования на объектах систем питьевого водоснабжения, а также качество вод, образующихся в процессе эксплуатации объектов ВКХ.

На основании проведенной работы выделены технологические процессы, при которых на объектах ВКХ могут образовываться сточные воды:

- дезинфицирующий раствор при откачке скважин с концентрацией остаточного хлора выше ПДК питьевой воды;
- предварительная (гидропневматическая) промывка сборных водоводов, водопроводных сетей (первая промывка);
- дезинфицирующий раствор после санитарной обработки сборных водоводов, водопроводных сетей с концентрацией остаточного хлора выше ПДК питьевой воды;
- осадок, сброс воды после промывки камер хлопьеобразования, отстойников (горизонтальных);
- промывная вода (вода после промывки фильтров станций водоподготовки);
- осадок, промывка после очистки отстойников СПИВ;
- несработанный объем РЧВ, баков водонапорных башен, промывка после очистки РЧВ, баков водонапорных башен;
- дезинфицирующий раствор после санитарной обработки РЧВ, баков водонапорных башен с концентрацией остаточного хлора выше ПДК питьевой воды;
- моющий раствор, промывка после моющего раствора бактерицидных установок;
- дезинфицирующий раствор после санитарной обработки бактерицидных установок с концентрацией остаточного хлора выше ПДК питьевой воды.

При сбросе данных сточных вод в окружающую среду предприятием ВКХ должен уплачиваться экологический налог в зависимости от приемника сточных вод (водоем, водоток, подземные горизонты), при отведении в сети канализации иного предприятия, оплата осуществляется в соответствии с договором на прием сточных вод. Соответственно, предприятия ВКХ должны вести учет сточных вод, образующихся в процессе эксплуатации объектов систем питьевого водоснабжения и отводимых в системы водоотведения (канализации) либо сбрасываемых в окружающую среду.

Анализируя вышеизложенное, следует отметить, что для оптимизации водоотведения на объектах ВКХ, необходима реализация мероприятий, как технического, так и институционального характера:

- уточнение или переработка Инструкции № 39 с учетом дополнительных расходов воды на технологические нужды, образующихся на предприятиях ВКХ в процессе эксплуатации систем водоснабжения;
- дополнение действующих НПА и ТНПА терминами и их определениями в части образования различных категорий вод (сточных и несточных) на объектах ВКХ;

- организация предприятиями ВКХ приборного учета сточных вод, образующихся в процессе эксплуатации объектов систем питьевого водоснабжения и отводимых в системы водоотведения (канализации) либо в окружающую среду;
- приведение в соответствие законодательства по проектированию и строительству систем водоснабжения, включая сооружения водоподготовки, с природоохранным законодательством в части отведения сточных вод в окружающую среду;
- приведение в соответствие санитарных норм и правил с природоохранным законодательством в части отведения сточных вод в окружающую среду и в системы канализации.
- внедрение наилучших доступных технических методов при эксплуатации объектов питьевого водоснабжения.

Список использованных источников

- 1 Постановление Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь от 29 декабря 2004 г. № 39 «Об утверждении инструкции по оценке и расчету норматива технологических расходов воды в системе коммунального водоснабжения населенных пунктов Республики Беларусь».
- 2 СНБ 4.01.01-03 Водоснабжение питьевое. Общие положения и требования. Утверждены приказом Министерство архитектуры и строительства от 30 декабря 2003 г. № 259.
- 3 ТКП 45-4.01-199-2010 Скважинные водозаборы. Правила проектирования. Утвержден приказом Министерство архитектуры и строительства от 7 июня 2010 г. № 204.
- 4 ТКП 17.04-21-2010 Правила проектирования, сооружения (строительства), ликвидации и консервации буровых скважин различного назначения (за исключением нефтяных и газовых). Утвержден постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды от 24 декабря 2010 г. № 13-Т.
- 5 ТКП 45-4.01-201-2010 Сооружения водоподготовки обезжелезивание подземных вод. Утвержден приказом Министерство архитектуры и строительства от 07 июня 2010 г. № 204.
- 6 ТКП 45-4.01-31-2009 Сооружения водоподготовки. Строительные нормы проектирования. Утвержден приказом Министерство архитектуры и строительства от 6 июля 2009 г. № 216.

УДК 504.05/.06:711.4

О.Г. Савич-Шевет, канд. геогр. наук, н. с.; Ю.П. Анцух, м. н. с.;
Е.В. Гапанович, канд. техн. наук; н. с., Н.М. Томина, н. с.
Институт природопользования НАНБ, г. Минск

МНОГОЛЕТНИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА РЕК ОРШАНСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Введение. Оршанский артезианский бассейн является западной частью Московского мегабассейна подземных вод и приурочен к центру и северо-востоку Беларуси. В нем выделены две гидродинамические зоны – активного и замедленного водообмена: первая объединяет пресные воды четвертичных, меловых и девонских отложений; вторая, расположенная на глубине более 800 м, не имеет активной связи с поверхностью [1].

Анализ физико-географических, геолого-гидрогеологических и водохозяйственных аспектов территории Оршанского артезианского бассейна позволил в качестве объекта исследований многолетних и современных изменений речного стока определить бассейны стока рр. Днепр, Сож с притоками.

Природно-климатические и гидролого-гидрогеологические условия Оршанского артезианского бассейна. Атмосферные осадки являются одним из главных факторов формирования речного стока. Основными исходными материалами в работе послужили данные Республиканского гидрометеорологического центра Минприроды Республики Беларусь: многолетние наблюдения за величиной атмосферных осадков (среднемесячные, максимально

наблюденные), температурой атмосферного воздуха, относительной влажностью, высотой снежного покрова, дефицитом насыщения, температурой почвы проводятся на метеорологических станциях – гг. Орша, Бобруйск, Могилев и др. (таблица 1).

Таблица 1 – Хронология ведения метеорологических наблюдений на территории исследований

| Артезианский бассейн | Ежемесячные данные | | Срочные данные | Суточные данные |
|----------------------|--|---|----------------|-----------------|
| | Осадки | Средняя месячная температура | | |
| Оршанский | с 1891–1905 г. с перерывом 1933(41)–1945 гг. по 2014 | с 1905 г. с перерывом 1933(41)–1945 гг. по 2014 | 1961–2014 | 1955–2014 |

Территория Оршанского бассейна отличается достаточным увлажнением. Годовое количество осадков колеблется от 650–700 мм в юго-западной части бассейна до 720–790 мм на северо-востоке. В течение года осадки распределяются неравномерно. Большая часть их, 70–75% годовой суммы, выпадает в теплый период года с апреля по октябрь, тогда и происходит пополнение запасов подземных вод.

Температура воздуха оказывает влияние на формирование летне-осеннего минимального стока рек через скорость испарения, а зимнего – через интенсивность льдообразования. Средняя годовая температура на рассматриваемой территории изменяется от 3,5° на северо-востоке до 6–6,7° на юго-западе и юге. Самый холодный месяц – январь; его средняя температура –6,7°С. Самые низкие абсолютные минимумы приходятся на январь и февраль и достигают в бассейне р. Западной Двины –41°С, а на всей остальной территории –35, –39°С. Самый теплый месяц – июль, средняя температура которого 17,8°С.

Гидрологические условия. Гидрографическая сеть Оршанского артезианского бассейна представлена рр. Днепр, Березина, Сож, Зап. Двина и другими малыми реками.

Река Днепр берет начало на Валдайской возвышенности. Длина реки 2201 км, в т. ч. на территории Беларуси 700 км. Густота эрозионной сети 0,39 км/км². На всем белорусском отрезке река является судоходной. Ширина долины от 0,5–1,5 до 5–10 км, при слиянии с Сожем – до 35–50 км. Максимальная глубина вреза (70–80 м) установлена в районе Орши [3].

В долине Днепра выделяются пойма и две надпойменные террасы. На отдельных участках обособляется еще более высокий уровень, который рассматривается как перигляциальная терраса [1]. Пойма развита практически повсеместно. Ее высота снижается вниз по течению от 5–6 до 2–3 м, различаются два пойменных уровня. Пойма в большинстве случаев аккумулятивная, нередко заболоченная. В 9 км выше Орши выходы девонских пород образуют в русле реки Кобеляцкие пороги.

Река Березина – единственный из крупных водотоков (длина 613 км), который от истоков до устья протекает по территории Беларуси. Истоки реки располагаются в заболоченном понижении юго-западнее Докшиц. Густота эрозионной сети 0,35 км/км². Ширина долины от 200–300 м в верховье до 5–10 км и более в среднем и нижнем течении, врез от 10–15 до 20–25 м. Выделяются пойма и две надпойменные террасы.

Река Сож берет начало в пределах Смоленско-Московской возвышенности вблизи г. Смоленска. На территории Беларуси располагается долина среднего и нижнего Сожа. Длина реки 648 км (в Беларуси 493 км). Густота эрозионной сети 0,38 км/км². Ширина долины изменяется от 1,5–3 до 15–18 км. Ниже Гомеля совместная долина с Днепром достигает 35–50 км. Врез варьирует от 30–40 до 50–55 м. Выделяются пойма и две надпойменные террасы. Пойма чаще всего аккумулятивная.

Гидрогеологические условия. На территории Оршанского артезианского бассейна в толще осадочных пород выделяется несколько десятков водоносных горизонтов и комплексов, отличающихся стратиграфическими объемами, литологическим содержанием, пространственной структурой, водонасыщенностью и др.

Первый от поверхности безнапорный горизонт грунтовых вод распространен в разновозрастных покровных отложениях. Это главным образом, флювиогляциальные отложения позерского, сожского и днепровского оледенения, верхнечетвертичные и современные аллювиальные, озерно-аллювиальные и озерно-болотные образования. Мощность горизонта грунтовых вод изменяется от 0 до 30 м составляет в среднем 5–15 м [1, 2].

Кроме грунтовых вод, важнейшими водоносными комплексами четвертичных отложений, содержащими напорные воды являются межморенные сожско-поозерский, днепровско-сожский и березинско-днепровский (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика водоносных комплексов четвертичных отложений

| Характеристики комплекса | Сожско-поозерский | Днепровско-сожский | Березинско-днепровский |
|-------------------------------------|---|---|---|
| Глубина залегания кровли, м | 2–90 | 2–40 в долинах рек до 100 м и более на водоразделах | 1–170 |
| Мощность водовмещающих отложений, м | 3–50 (среднее 10–20) | 2–74 (среднее 15–30) | от 2–10 до 100–170 м и более в древних погребенных долинах |
| Пьезометрические уровни, м | 1–55 м (в долинах рек иногда до 1,5 м выше поверхности земли) | 1–6 м в долинах рек и до 30–53 м на водоразделах | 1–78 м (в долинах рек иногда до 2,5 м выше поверхности земли) |
| Величина напора над кровлей, м | 80 | 1–90 | 1–134 |
| Коэффициенты фильтрации, м/сут | 3–10 | 0,2–50 (средняя 5–15) | 0,2–26 |
| Удельные дебиты скважин, л/с | 0,02–3,5 | 0,01–9,5 | 0,01–4,3 |

Оршанский артезианский бассейн представляет собой район распространения девонских отложений представленных преимущественно известняками и песчаниками. Девонские отложения выходят на дневную поверхность только в долинах рек, где четвертичные отложения размыты – такие выходы девонских известняков известны на р. Днепр у г. Орши некоторых ее притоках.

Многолетние и современные изменения количественных характеристик речного стока больших и средних рек территории исследований. Для определения многолетних и современных изменений количественных характеристик речного стока больших и средних рек территории исследований анализу были подвергнуты количественные характеристики стока рек по данным наблюдений гидрологических постов: р. Днепр – Речица, Могилев, Орша, Жлобин; р. Сож – Гомель, Славгород, Кричев; р. Проня – Летяги. Период наблюдений на гидрологических постах приведен в таблице 3, продолжительность периода наблюдений составляет 75–126 лет.

Многолетние колебания среднегодового стока рр. Днепр, Сож за период 1945–2015 гг. представлены на рисунках 1, 2.

Статистически значимых трендов в рядах наблюдений за среднегодовым стоком рр. Днепр, Сож, Проня не выявлено. Минимальный, максимальный и среднемноголетний сток рек за период инструментальных наблюдений представлен в таблице 4.

Таблица 3 – Ведение гидрологических наблюдений на территории исследований

| Бассейн | Пост | Период | Годы |
|----------|---------|-----------|------|
| р. Днепр | Речица | 1895–2015 | 117 |
| р. Днепр | Могилев | 1931–2015 | 81 |
| р. Днепр | Орша | 1882–2015 | 126 |
| р. Днепр | Жлобин | 1936–2015 | 75 |

Окончание табл. 3

| Бассейн | Пост | Период | Годы |
|----------|-----------|-----------|------|
| р. Сож | Гомель | 1900–2015 | 111 |
| р. Сож | Славгород | 1897–2015 | 113 |
| р. Сож | Кричев | 1976–2016 | 39 |
| р. Проня | Летяги | 1932–2015 | 65 |

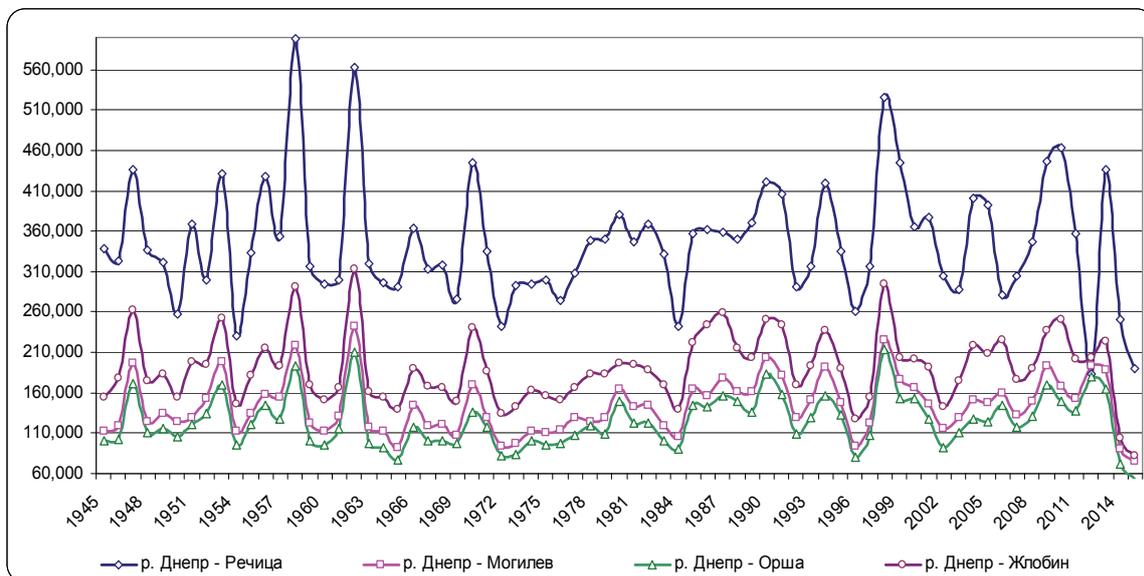


Рисунок 1 – Многолетние колебания среднегодового стока р. Днепр

В многолетнем разрезе произошло изменение внутригодового распределения стока, уменьшились наибольшие расходы воды и объем стока весеннего половодья. На современном этапе проявилось перераспределение стока внутри года, особенно для зимних и весенних месяцев.

На территории исследований заметно увеличились средние месячные расходы воды в январе-марте и в таблице 5 представлены результаты вычисления доли дисперсии, выбираемой линейными трендами в рядах наблюдений за стоком рек Оршанского артезианского бассейна, которая составляет в среднем 19,7% (10,5–32,9%) (рисунок 3). Достаточно низкими значениями мощности линейных трендов характеризуется весенний сток постов Кричев на р. Сож и Летяги на р. Проня, что скорее всего обусловлено короткими для таких исследований периодами наблюдений.

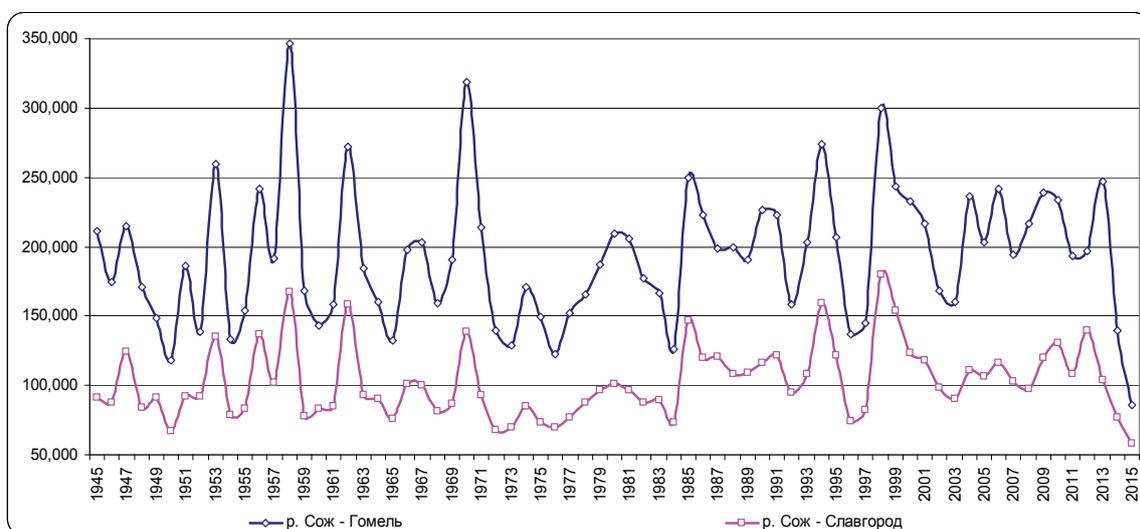


Рисунок 2 – Многолетние колебания среднегодового стока р. Сож

Таблица 4 – Минимальный, максимальный и среднемноголетний сток рек территории исследований за период инструментальных наблюдений, м³/с

| Показатель | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Год |
|--------------------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| р. Днепр – Речица | | | | | | | | | | | | | |
| 1* | 217,06 | 214,81 | 338,80 | 1046,56 | 824,52 | 308,60 | 230,04 | 214,38 | 203,68 | 222,10 | 258,27 | 230,24 | 358,19 |
| 2 | 85,00 | 89,00 | 107,00 | 320,00 | 206,00 | 114,00 | 104,00 | 58,00 | 60,00 | 107,00 | 64,00 | 77,00 | 175,92 |
| 3 | 451,00 | 571,00 | 979,00 | 2860,00 | 2400,00 | 872,00 | 629,00 | 897,00 | 611,00 | 591,00 | 680,00 | 669,00 | 597,83 |
| р. Днепр – Могилев | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 75,90 | 73,55 | 148,62 | 518,47 | 297,55 | 103,82 | 81,61 | 74,08 | 77,70 | 86,94 | 101,06 | 90,31 | 144,19 |
| 2 | 23,50 | 26,40 | 28,60 | 169,00 | 83,00 | 45,50 | 36,00 | 28,80 | 27,20 | 30,80 | 34,30 | 31,60 | 74,90 |
| 3 | 220,00 | 254,00 | 500,00 | 1240,00 | 1080,00 | 351,00 | 371,00 | 301,00 | 424,00 | 298,00 | 379,00 | 269,00 | 242,98 |
| р. Днепр – Орша | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 52,32 | 51,11 | 111,35 | 488,86 | 284,27 | 85,32 | 73,44 | 64,92 | 63,24 | 75,32 | 89,40 | 69,68 | 125,59 |
| 2 | 16,60 | 15,50 | 23,10 | 131,00 | 39,50 | 29,40 | 22,40 | 18,60 | 16,90 | 19,40 | 16,30 | 14,50 | 53,20 |
| 3 | 189,00 | 215,00 | 451,00 | 1070,00 | 1270,00 | 318,00 | 311,00 | 265,00 | 366,00 | 291,00 | 372,00 | 231,00 | 228,98 |
| р. Днепр – Жлобин | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 114,16 | 113,13 | 186,51 | 589,78 | 433,10 | 152,88 | 115,02 | 105,29 | 104,21 | 115,31 | 132,59 | 124,12 | 190,35 |
| 2 | 43,40 | 40,90 | 51,70 | 177,00 | 104,00 | 55,00 | 42,20 | 40,10 | 40,90 | 45,80 | 55,10 | 54,20 | 82,10 |
| 3 | 248,00 | 270,00 | 597,00 | 1580,00 | 1090,00 | 563,00 | 504,00 | 539,00 | 402,00 | 358,00 | 424,00 | 345,00 | 313,35 |
| р. Сож – Гомель | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 114,46 | 108,79 | 214,34 | 812,97 | 335,93 | 140,17 | 109,38 | 99,23 | 98,92 | 110,40 | 135,66 | 125,02 | 200,42 |
| 2 | 38,10 | 41,00 | 45,90 | 158,00 | 64,80 | 44,30 | 44,10 | 36,00 | 31,90 | 40,60 | 41,00 | 16,50 | 85,50 |
| 3 | 286,00 | 337,00 | 901,00 | 2510,00 | 1370,00 | 575,00 | 416,00 | 284,00 | 610,00 | 567,00 | 657,00 | 331,00 | 407,41 |
| р. Сож – Славгород | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 57,04 | 57,26 | 144,24 | 456,95 | 124,61 | 66,62 | 61,06 | 52,78 | 55,92 | 61,53 | 76,00 | 68,70 | 106,60 |
| 2 | 21,30 | 16,90 | 25,30 | 101,00 | 40,40 | 26,70 | 22,10 | 15,50 | 17,70 | 21,60 | 20,90 | 21,90 | 57,56 |
| 3 | 187,00 | 290,00 | 538,00 | 1270,00 | 694,00 | 313,00 | 294,00 | 179,00 | 461,00 | 242,00 | 371,00 | 164,00 | 223,31 |
| р. Сож – Кричев | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 47,00 | 49,15 | 103,71 | 213,57 | 68,53 | 45,56 | 39,70 | 33,88 | 39,18 | 46,76 | 53,21 | 47,12 | 64,92 |
| 2 | 17,20 | 18,70 | 18,90 | 58,60 | 31,40 | 11,80 | 16,00 | 14,40 | 17,30 | 21,10 | 22,80 | 24,00 | 32,70 |
| 3 | 85,30 | 187,00 | 242,00 | 512,00 | 142,00 | 119,00 | 95,60 | 117,00 | 116,00 | 205,00 | 152,00 | 93,00 | 110,00 |
| р. Проня – Летяги | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 17,25 | 19,01 | 47,41 | 84,73 | 23,30 | 17,24 | 16,53 | 13,98 | 15,01 | 17,16 | 20,64 | 18,09 | 25,85 |
| 2 | 8,17 | 8,09 | 8,74 | 17,80 | 12,40 | 7,97 | 7,84 | 7,29 | 7,18 | 8,87 | 10,20 | 8,07 | 16,10 |
| 3 | 31,60 | 81,40 | 159,00 | 286,00 | 60,10 | 60,00 | 131,00 | 36,00 | 66,60 | 50,60 | 71,30 | 35,40 | 45,48 |

* – 1 – среднемноголетнее, 2 – минимальное, 3 – максимальное значение

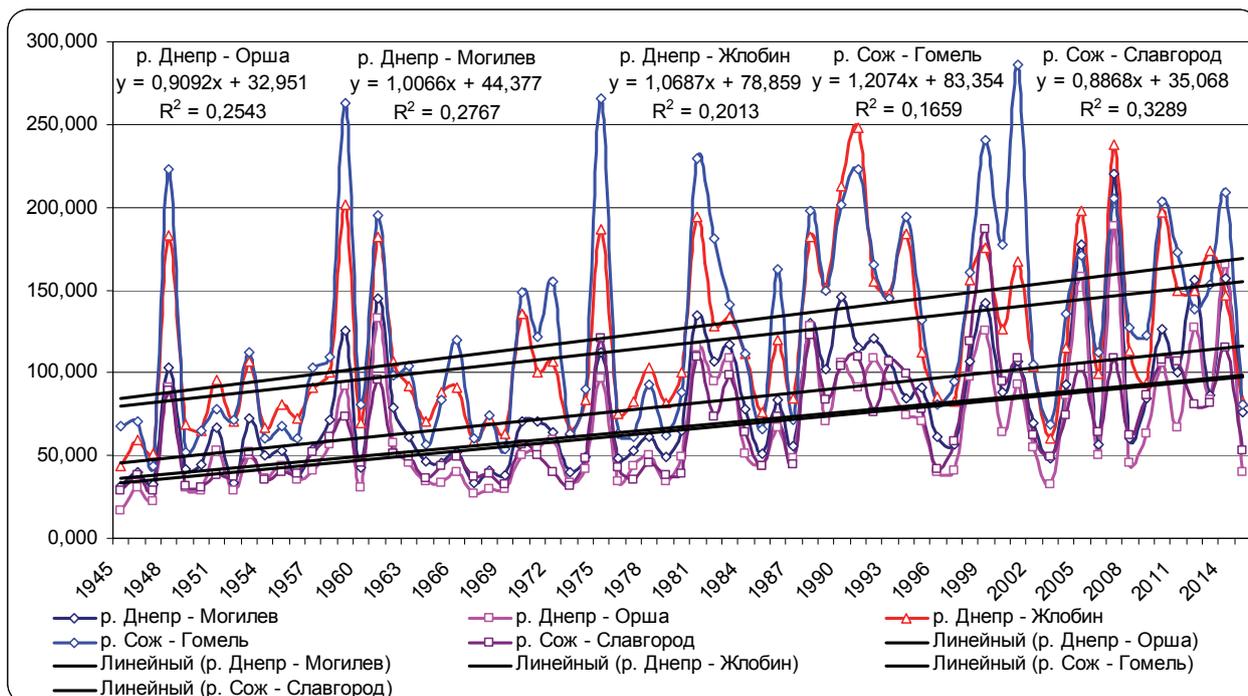


Рисунок 3 – Средние месячные расходы воды января месяца рр. Днепр, Сож

Таблица 5 – Доля дисперсии (мощность), выбираемая линейными трендами в рядах наблюдений за стоком рек территории исследований, %

| Месяц | р. Днепр | | | | р. Сож | | | р. Проня |
|---------|----------|---------|------|--------|--------|-----------|--------|----------|
| | Речица | Могилев | Орша | Жлобин | Гомель | Славгород | Кричев | Летяги |
| январь | 14,1 | 27,7 | 25,4 | 20,1 | 16,6 | 32,9 | 13,4 | 29,6 |
| февраль | 26,1 | 29,6 | 26,9 | 31,0 | 29,3 | 23,2 | 10,5 | 15,2 |
| март | 18,4 | 14,9 | 15,2 | 19,0 | 14,2 | 13,8 | 3,2 | 1,5 |

Как видно из таблицы 5 максимальными мощностями трендов характеризуется зимний сток, т.е. можно говорить о значительном увеличении доли зимнего стока в годовом распределении в бассейнах рек Днепр и Сож. Увеличение доли зимнего стока рек связано с повышением температуры воздуха, с увеличением частоты оттепелей, прохождением зимних паводков, смещением на более ранние сроки дат начала весеннего половодья и дат прохождения наибольшего расхода воды.

Осенний сток рек территории исследований в период современного потепления климата также претерпел изменение в сторону увеличения на величину 10,3–40,2% (таблица 6).

Таблица 6 – Изменение среднемесячных расходов рек территории исследований в период современного потепления климата

| Период | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|--------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| р. Днепр – Речица | | | | | | | | | |
| 1945–1988 | 1028,614 | 787,068 | 290,045 | 218,886 | 209,909 | 202,636 | 215,568 | 242,886 | 225,545 |
| 1989–2015 | 736,593 | 615,667 | 345,852 | 251,963 | 219,244 | 218,122 | 249,444 | 288,630 | 288,037 |
| р. Днепр – Могилев | | | | | | | | | |
| 1945–1988 | 565,364 | 294,409 | 88,552 | 79,761 | 74,232 | 70,002 | 78,802 | 90,123 | 81,514 |
| 1989–2015 | 409,889 | 259,993 | 129,678 | 89,719 | 77,789 | 94,663 | 107,626 | 126,326 | 114,148 |
| р. Днепр – Орша | | | | | | | | | |
| 1945–1988 | 510,932 | 251,957 | 74,673 | 70,257 | 63,964 | 60,255 | 68,175 | 77,923 | 70,507 |
| 1989–2015 | 362,852 | 218,878 | 116,244 | 84,315 | 73,896 | 85,200 | 96,522 | 111,263 | 94,263 |
| р. Днепр – Жлобин | | | | | | | | | |
| 1945–1988 | 653,455 | 467,045 | 140,714 | 113,357 | 107,973 | 100,275 | 108,632 | 124,227 | 113,289 |
| 1989–2015 | 453,630 | 358,556 | 185,181 | 127,767 | 109,326 | 119,252 | 136,133 | 157,444 | 152,285 |
| р. Сож – Гомель | | | | | | | | | |
| Период | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| 1945–1988 | 825,682 | 298,818 | 118,352 | 102,207 | 92,495 | 95,061 | 105,732 | 118,118 | 110,802 |
| 1989–2015 | 539,815 | 325,593 | 169,563 | 126,374 | 109,215 | 104,578 | 124,711 | 156,459 | 155,470 |
| р. Сож – Славгород | | | | | | | | | |
| 1945–1988 | 452,136 | 107,452 | 56,964 | 55,968 | 47,548 | 51,607 | 55,886 | 64,855 | 64,973 |
| 1989–2015 | 312,778 | 125,181 | 81,511 | 65,026 | 57,807 | 60,200 | 73,959 | 90,074 | 85,767 |
| р. Сож – Кричев | | | | | | | | | |
| 1945–1988 | 235,417 | 61,125 | 32,933 | 30,708 | 28,500 | 35,417 | 37,625 | 41,950 | 38,383 |
| 1989–2015 | 198,119 | 70,444 | 50,289 | 42,841 | 35,578 | 40,148 | 50,900 | 58,285 | 51,285 |
| р. Проня – Летяги | | | | | | | | | |
| 1945–1988 | 102,968 | 20,590 | 14,963 | 16,934 | 12,651 | 14,312 | 14,752 | 17,039 | 16,815 |
| 1989–2015 | 67,030 | 25,259 | 18,452 | 15,365 | 14,809 | 14,956 | 19,400 | 23,326 | 21,130 |

Как видно из таблицы 4 на всей территории исследований отмечено снижение стока за весеннее половодье и уменьшение его доли в годовом стоке. Сток весенних месяцев (апрель, май) на современном этапе значительно снизился, уменьшение составило: р. Днепр – Речица (апрель – 28,4, май – 21,8%), Могилев (апрель – 27,5, май – 11,7%), Орша (апрель – 29,0, май – 13,1%), Жлобин (апрель – 30,6, май – 23,2%); р. Сож – Гомель (апрель – 34,6%), Славгород (апрель – 30,8%), Кричев (апрель – 15,8%); р. Проня – Летяги (апрель – 30,9%), в среднем составляя 24,8%.

Выводы. Выявленное изменение среднемесячного стока повлияло на внутригодовое распределение стока по сезонам на всех реках Оршанского артезианского бассейна, особенно для зимних и весенних месяцев. Доля дисперсии, выбираемой линейными трендами в рядах наблюдений за стоком рек зимних месяцев составляет в среднем 19,7% (10,5–32,9%). Осенний сток рек территории исследований в период современного потепления климата

также претерпел изменение в сторону увеличения на 10,3–40,2%. Выявлено снижение стока за весеннее половодье и уменьшение его доли в годовом стоке.

Список использованных источников

1 Геология Беларуси / А.С. Махнач, Р.Г. Гарецкий, А.В. Матвеев и др. – Мн.: Институт Геологических наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.

2 Кудельский, А.В. Подземные воды Беларуси (ресурсы, качество, использование) / А.В. Кудельский, В.И. Пашкевич [и др.] // Природные ресурсы. – Мн., 1999. – № 1. – С. 48–58.

3 Ресурсы поверхностных вод СССР. Описание рек и озёр. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. Том. 5, часть I. – Л. : Гидрометеиздат, 1971. – 1107 с.

УДК 556.166.2

Т.А. Шелест, доц., к.г.н.

Брестский Государственный Университет им. А.С. Пушкина, г. Брест

ПАВОДОЧНЫЙ СТОК РЕК БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

На фоне глобального потепления климата, наблюдаемого в последние десятилетия, особый интерес представляют тенденции изменения климатических условий на региональном уровне. Потепление климата оказывает влияние на многие природные процессы, в том числе и на гидрологический режим рек. Изменения режима проявляются через изменение дат начала и окончания ледостава, толщины льда, стока рек в разные периоды года, поэтому важно выявить эти изменения и оценить, насколько они обусловлены именно климатическими изменениями.

Реки Белорусского Полесья, как и всей Беларуси, по особенностям гидрологического режима относятся к восточноевропейскому типу со стоком во все сезоны года, но преобладанием весеннего стока. Значительная доля стока приходится на дождевые паводки, которые в отдельные годы формируют максимальные расходы воды. Паводки бывают почти ежегодно и наблюдаются в различное время года. На дождевые паводки приходится в среднем 15–20% годового стока рек, в отдельные годы – до 40% и более.

Целью настоящего исследования является анализ колебаний дождевого паводочного стока рек Белорусского Полесья в условиях изменяющегося климата. Исходными материалами для исследования послужили данные наблюдений Республиканского гидрометеорологического центра Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь за максимальными расходами воды дождевых паводков рек Белорусского Полесья за период от начала инструментальных наблюдений до 2015 г. и метеорологические данные за период 1966–2015 гг.

В пределах Белорусского Полесья сформировались специфические условия формирования стока. Формирование дождевых паводков на реках происходит в результате выпадения дождей, когда количество осадков превышает потери дождевых вод на впитывание в почву, поверхностное задержание и испарение при стекании воды по склонам. Сами же потери зависят от физико-географических характеристик водосбора, а также от предшествующей гидрометеорологической обстановки на водосборе.

Дождевые паводки на реках формируются под влиянием большого числа различных факторов, как природных, так и антропогенных. Все факторы паводочного стока действуют совместно, поэтому оценить вклад того или иного фактора достаточно сложно. Среди природных факторов главная роль принадлежит метеорологическим, которые определяют количество выпадающих осадков, их интенсивность, продолжительность, распределение по площади водосбора.

Среди антропогенных факторов, оказавших наибольшее влияние на сток рек Белорусского Полесья, в первую очередь следует выделить широкомасштабную осушительную

мелиорацию, пик которой пришелся на 1960–1980-е гг. Осушительная гидротехническая мелиорация сопровождалась значительными преобразованиями окружающей среды. Произошли существенные изменения условий формирования гидрологического режима рек Полесья. В результате строительства мелиоративных каналов увеличилась густота речной сети, что привело к возрастанию скорости добега воды до речного русла во время паводков, снижению потерь и тем самым к росту максимальных расходов воды. Снижение уровня грунтовых вод приводит к созданию дополнительного аккумулирующего влагу аэрированного слоя почвогрунта, задерживающего поступающие дождевые воды, повышается инфильтрационная способность почв, в результате чего происходит рост потерь воды, что приводит к снижению максимумов паводков. Таким образом, в результате мелиорации произошли разнонаправленные воздействия на сток, большинство из которых действует в направлении улучшения условий стекания, что способствовало росту максимальных расходов воды паводков.

Изменение условий формирования дождевого паводочного стока под воздействием как природных, так и антропогенных факторов приводит к изменению величины максимальных расходов воды дождевых паводков.

На рисунке 1 представлены графики многолетних колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков некоторых рек Белорусского Полесья, на которых представлены линии трендов.

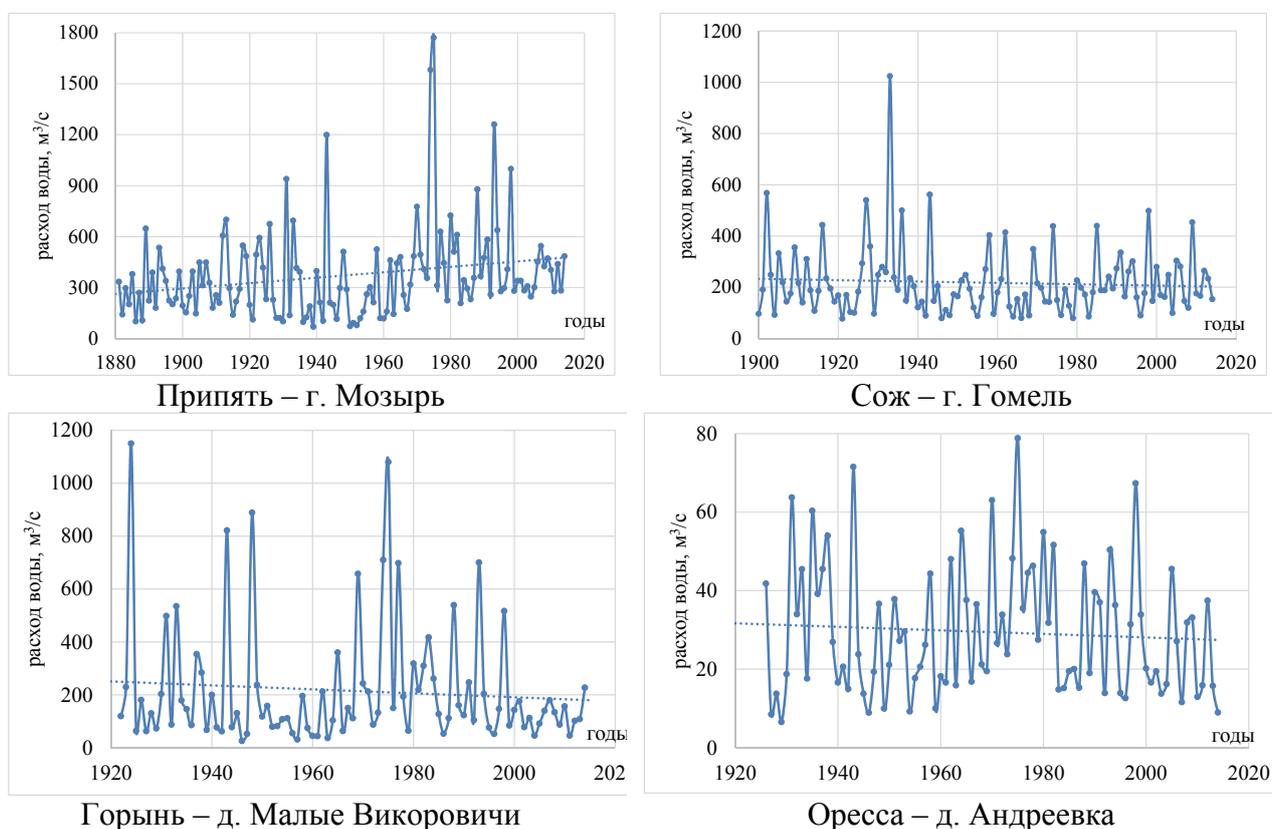


Рисунок 1 – Графики многолетних колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков

Для многолетних колебаний максимальных расходов воды паводков характерно чередование периодов повышенной и пониженной водности. На большинстве рек Полесья выражена тенденция к снижению величины паводочного стока, а наибольшие паводки наблюдались в 60–80-е гг. XX в.

В современный период потепления климата величина максимальных расходов воды дождевых паводков на большинстве рек Полесья уменьшилась по сравнению с предыдущим периодом, причем масштабы уменьшения различны на разных реках. Также уменьшился и размах колебаний максимальных расходов воды.

Изменение климата характеризуется в первую очередь изменениями температуры воздуха, а также атмосферных осадков, графики многолетних колебаний которых на метеостанциях Полесья представлены на рисунке 2. Эти факторы определяют не только текущие условия формирования речного стока в течение конкретного интервала времени, но и увлажненность водосбора в предшествующий этому интервалу период – подземные русловые запасы воды, запасы воды в понижениях рельефа, запасы почвенной влаги и возможные потери воды на их восполнение.

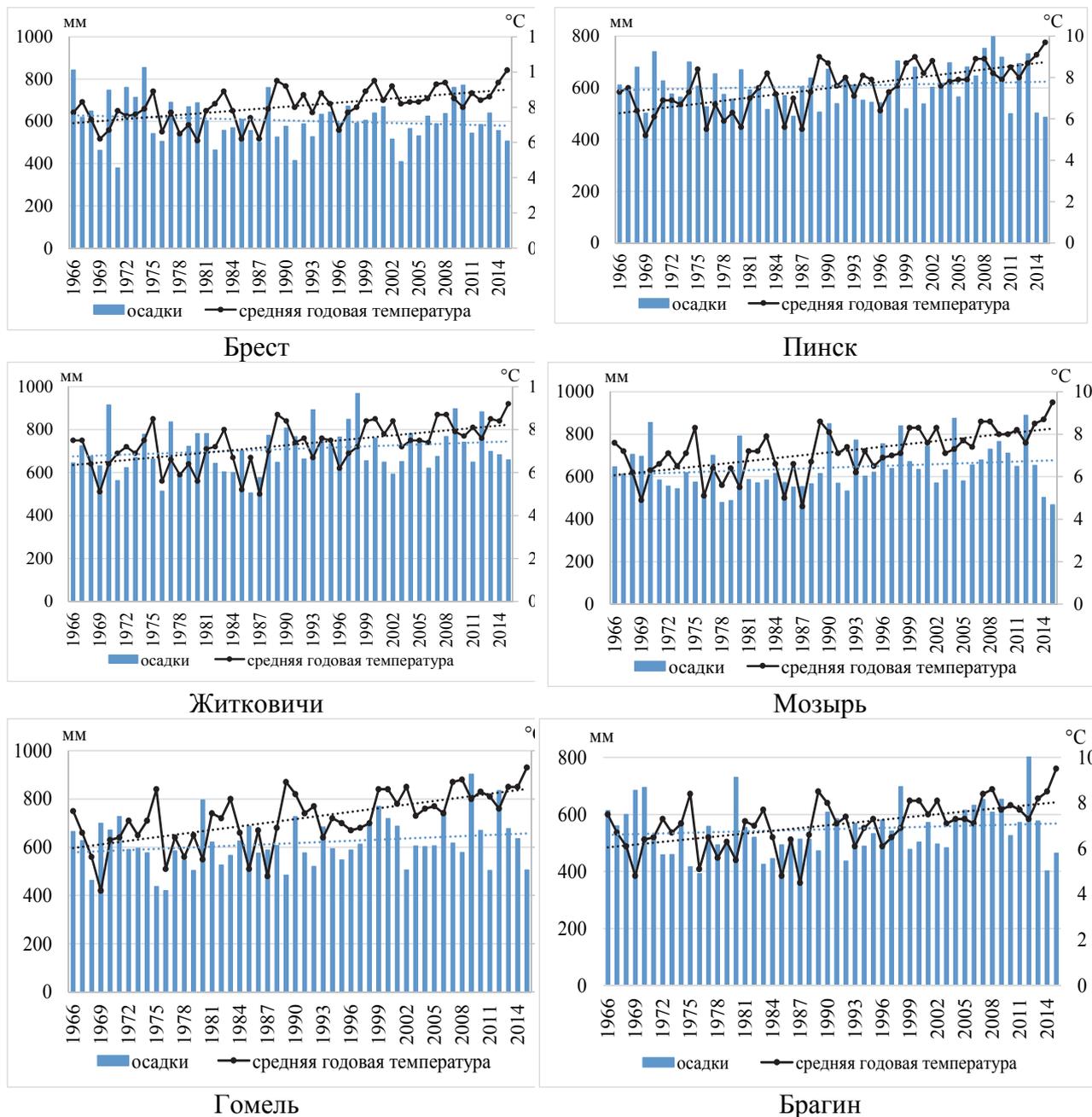


Рисунок 2 – Графики многолетних колебаний среднегодовой температуры воздуха и годового количества осадков за период 1966–2015 гг.

Анализ графиков многолетних колебаний среднегодовых температур воздуха показывает, что для них характерно наличие четко выраженной тенденции к росту их величины по всем метеостанциям Белорусского Полесья (более чем на 1°C). Наиболее значительное увеличение температуры воздуха наблюдается на метеостанциях Пинск, Гомель, Мозырь. Самым теплым за рассматриваемый период является 2015 г., когда наблюдалась наиболее вы-

сокая среднегодовая температура воздуха по всем метеостанциям Полесья (средняя 9,3°C), которая изменялась от 10,1°C на метеостанции Брест до 8,8°C на метеостанции Полесская. В 2015 г. на метеостанциях Брест и Пинск среднегодовая температура воздуха превысила климатическую норму на 2,8°C.

Изменение количества осадков на территории Белорусского Полесья за рассматриваемый период отличается большей пространственно-временной изменчивостью по сравнению с температурой. Наблюдаются разнонаправленные тенденции. На некоторых метеостанциях (Мозырь, Брагин, Житковичи) наблюдается рост годовых сумм осадков, на других – уменьшение (Брест, Полесская), на некоторых заметных тенденций к росту или снижению не выявлено (Василевичи, Гомель, Пинск).

В целом происходящие климатические изменения привели к значительной перестройке системы влагооборота на водосборах. Уменьшение паводочного стока в современный период потепления климата, в то время как количество осадков не уменьшилось, а наоборот, несколько увеличилось, вызвано прежде всего изменением условий потерь воды. Влияние потепления на паводочный сток рек проявляется в том, что с ростом температур воздуха увеличиваются потери воды на суммарное испарение и растет дефицит почвенной влаги. Сказывается также уменьшение величины весенних половодий и смещение их на более ранние сроки, что приводит к иссушению почво-грунтов и росту их впитывающей способности, в результате чего растут потери воды на впитывание. Особенно это касается паводков, которые формировались в начале лета.

Таким образом, изменение величины паводочного стока происходит вследствие изменения условий его формирования, вызванных как природными, так и антропогенными факторами. Современные климатические изменения привели к уменьшению величины дождевого паводочного стока.

УДК 556.5

С.А. Журавлев^{1,2}, И.С. Данилович³, Л.С. Курочкина¹, Е.Г. Квач⁴

¹ – Государственный гидрологический институт, г. Санкт-Петербург, Россия

² – Санкт-Петербургский государственный университет, Россия

³ – Институт природопользования НАН РБ, г. Минск, Беларусь

⁴ – Белгидромет, г. Минск, Беларусь

МОДЕЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ОЖИДАЕМЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК СТОКА Р. ЗАПАДНОЙ ДВИНЫ

Введение. В настоящее время повсеместно на территории Восточно-Европейской равнины фиксируются изменения гидрологического режима. Направленные изменения речного стока были отмечены ранее для Волги, Дона, Северной Двины, рек бассейна Невы. Несмотря на значительное количество работ, посвященных оценке современных изменений характеристик речного стока, сохраняется потребность в подробных региональных исследованиях, нацеленных на выявление причин этих изменений и их прогнозов на долгосрочную перспективу. В данной работе представлены результаты модельных оценок ожидаемых изменений стока реки Западной Двины в XXI веке.

Материалы и методы. Оценка возможных изменений речного стока была проведена для створа р. Западная Двина – г. Витебск ($F=27300 \text{ км}^2$). В работе использовалась модель «Гидрограф», разработанная Ю.Б. Виноградовым в Государственном гидрологическом институте, и в настоящее время развиваемая его последователями [1]. В качестве исходных данных в модель поступает стандартная сетевая метеорологическая информация (температура воздуха, дефицит влажности воздуха, сумма осадков). Выходной продукцией модели является непрерывный гидрограф стока в назначенном створе реки. Пространственная структура водосбора описывается наборами почвенных и ландшафтных параметров, обобщаемых в пределах стокоформирующих комплексов (СФК). В модели может задаваться до

15 ярусов подземного питания, доля участия каждого из них в питании реки оценивается обратным путем.

В модели р. Западной Двины было выделено 4 типа СФК: пашни (34%), луга (17%), хвойные (27%) и лиственные леса (22%) на дерново-подзолистых суглинистых почвах. Информация о почвенно-растительном покрове была получена из Национального атласа Республики Беларусь, справочника «Агрогидрологические свойства почв северо-запада СССР» и ландшафтной карте СССР.

В качестве исходной метеорологической информации использовались ряды суточных величин температуры и воздуха массива E-OBS [2] по 15 узлам сетки размера $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$, расположенным в пределах исследуемого водосбора. Дефицит влажности воздуха определялся как функция от температуры отдельно для дней с осадками и без них. Параметры уравнений определялись на основе срочных данных по метеостанции Витебск с 2005 по 2016 годы. Контрольная гидрологическая информация была представлена рядом суточных расходов воды в створе Западная Двина – г. Витебск за период 2000–2013 гг. Параметры, оцениваемые обратным путем, определялись для периода 2000–2006 гг. Помимо этого, моделирование и байес-коррекция по годовому стоку были выполнены за базовый климатический период 1970–2000 гг.

Модельные оценки ожидаемых изменений стока проводились методом дельт [3] для сезонных величин температуры воздуха и осадков, рассчитанных по ансамблю глобальных и региональных климатических моделей, предоставленных консорциумом EURO-CORDEX. Для оценки будущих изменений температуры воздуха и осадков оказалось возможным использование расчетов по 40 комбинациям глобальных и региональных климатических моделей с пространственным разрешением 50 км для различных сценариев концентрации парниковых газов семейства RCP (Representative Concentration Pathways) на конец 21 столетия (согласно отчету Intergovernmental Panel Climate Change). Для выполнения настоящих расчетов были приняты сценарии RCP8.5 (что соответствует концентрации 1370 мд), RCP4.5 (650 мд) и RCP2.6 (490 мд).

Результаты и обсуждение. Оценка качества моделирования проводилась по критериям NSE и BIAS. Результаты моделирования, согласно таблице 1, могут быть оценены как хорошие согласно критериям, предложенным в работе Mogiasi и соавторов [3]. Высокое качество моделирования объясняется как относительной однородностью условий формирования стока, так и сравнительно плотной сетью метеорологических наблюдений.

Таблица 1 – Результаты моделирования за период 2000–2013 год

| Период | NS | BIAS, % |
|-----------|------|---------|
| 2000–2006 | 0,76 | 7,9 |
| 2007–2013 | 0,84 | 1,8 |

Примеры сопоставления рассчитанных и наблюдаемых гидрографов стока для лет с различным качеством расчетов представлены на рисунках 1 и 2.

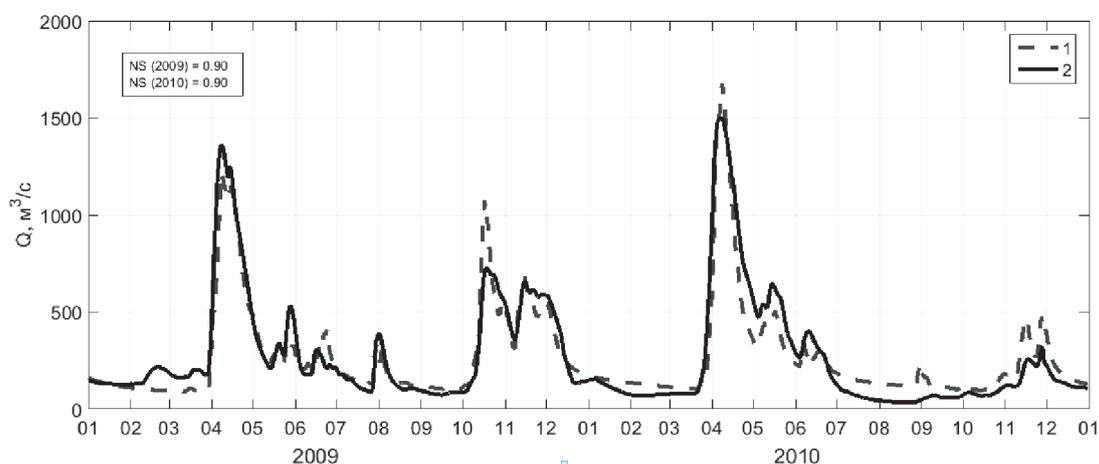


Рисунок 1 – Результаты моделирования для двух последовательных лет с наилучшей сходимостью (2009–2010)

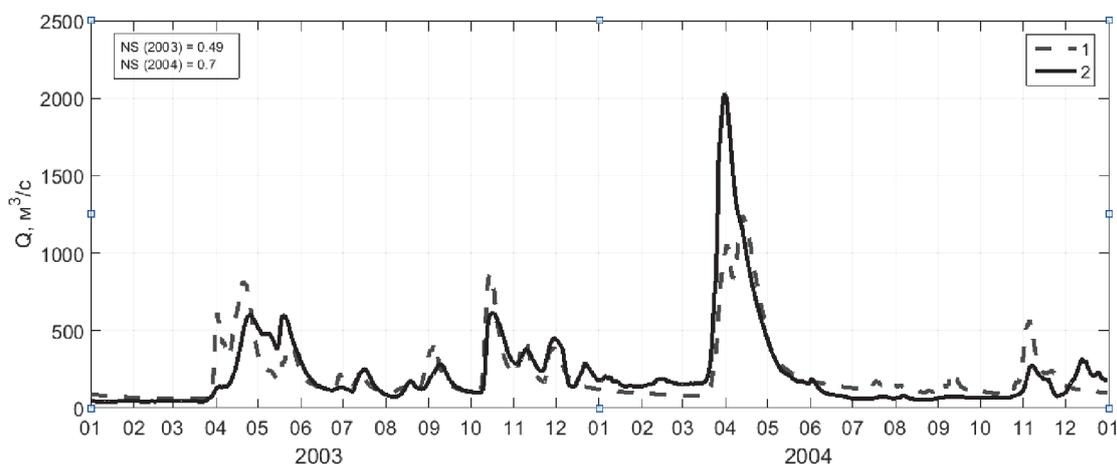


Рисунок 2 – Результаты моделирования для двух последовательных лет с наилучшей сходимостью (2003–2004)

Расчеты ожидаемых траекторий речного стока были проведены по данным ансамбля климатических моделей для каждого сценария радиационного воздействия при трех условиях – медианных изменений и изменениях на границах доверительных интервалов (таблица 2).

Таблица 2 – Ожидаемые изменения сезонных величин температуры воздуха и осадков [5]

| Сценарий\сезон | | Зима | | Весна | | Лето | | Осень | |
|----------------|---------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|
| | | $\Delta T, ^\circ C$ | $\Delta P, мм$ | $\Delta T, ^\circ C$ | $\Delta P, мм$ | $\Delta T, ^\circ C$ | $\Delta P, мм$ | $\Delta T, ^\circ C$ | $\Delta P, мм$ |
| RCP2.6 | мин | 1,5 | 9 | 1,2 | 4 | 0,8 | -7 | 0,7 | -3 |
| | медиана | 1,6 | 12 | 1,6 | 10 | 1,1 | -2 | 1,0 | 6 |
| | макс | 2,1 | 19 | 1,9 | 10 | 1,5 | 2 | 1,5 | 6 |
| RCP4.5 | мин | 1,5 | -6 | 1,5 | 4 | 1,1 | -10 | 1,3 | -5 |
| | медиана | 3,0 | 15 | 2,6 | 14 | 1,8 | 0,5 | 2,5 | 15 |
| | макс | 5,7 | 25 | 3,6 | 26 | 3,1 | 20 | 3 | 5,5 |
| RCP8.5 | мин | 3,9 | 18 | 3,1 | 8 | 2,3 | -12 | 2,7 | 2 |
| | медиана | 4,9 | 26 | 3,7 | 23 | 3,6 | 2 | 4,1 | 14 |
| | макс | 8,0 | 39 | 5,0 | 48 | 5,6 | 42 | 5 | 38 |

Аномалии стока рассчитывались как отношение изменений характеристик стока (среднего, максимального и минимального годового), рассчитанных за период конца XXI века (2070–2100) к тем же характеристикам за базовый климатический период (1970–2100).

Таблица 3 – Ожидаемые изменения характеристик стока Западной Двины (у г. Витебск) за период 2070–2100 гг. по отношению к базовому периоду (1970–2000 гг.)

| Период, сценарий/расход воды и его изменение | $\bar{Q}_{\text{макс}}$, м³/с | $\Delta, \%$ | \bar{Q} , м³/с | $\Delta, \%$ | $\bar{Q}_{\text{мин}}$, м³/с | $\Delta, \%$ |
|--|--------------------------------|--------------|------------------|--------------|-------------------------------|--------------|
| 1970–2000, данные наблюдений | 1250 | – | 234 | – | 44.8 | – |
| 2070–2100, RCP 2.6 | 954 | -24 | 240 | 3 | 48.0 | 7 |
| | 962 | -21 | 238 | 2 | 47.6 | 6 |
| | 965 | -23 | 224 | -4 | 45.1 | 1 |
| 2070–2100, RCP 4.5 | 843 | -33 | 250 | 7 | 51.2 | 14 |
| | 860 | -31 | 230 | -2 | 46.7 | 4 |
| | 868 | -31 | 203 | -13 | 41.3 | -8 |
| 2070–2100, RCP 8.5 | 863 | -31 | 274 | 17 | 54.9 | 23 |
| | 816 | -35 | 230 | -2 | 46.5 | 4 |
| | 777 | -38 | 211 | -10 | 43.0 | -4 |

Анализ модельных оценок позволяет сделать вывод о том, что элементы весеннего половодья являются наиболее чувствительными к изменению климатических параметров.

Максимальные расходы воды уменьшаются в пределах –20...–40% для всех сценариев радиационного воздействия. Годовой и минимальный сток имеют гораздо меньшую чувствительность.

Оценка значимости изменений климатических переменных по отношению к естественным колебаниям гидрологических характеристик проводилась с помощью критерия SNR. Было установлено, что возможные изменения максимальных расходов воды сопоставимы с их изменчивостью ($0.6 < \text{SNR} < 1.0$). Ожидаемые изменения годового и минимального стока значительно меньше внутримодельной изменчивости.

В ряде исследований было показано, что современные климатические изменения сопровождаются изменением продолжительности засушливых периодов, в частности, вследствие изменения частоты появления блокирующих антициклонов. Следует особо отметить, что DC-метод, использованный в данной работе, не предполагает возможности учета изменения временной структуры осадков, что повышает неопределенность в оценках возможных изменений минимального стока.

Список использованных источников

1 Vinogradov, Yu B., O. M. Semenova, and T. A. Vinogradova. "An approach to the scaling problem in hydrological modelling: the deterministic modelling hydrological system." *Hydrological processes* 25.7 (2011): 1055–1073.

2 Haylock, M.R., N. Hofstra, A.M.G. Klein Tank, E.J. Klok, P.D. Jones and M. New. 2008: A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation. *J. Geophys. Res (Atmospheres)*, **113**, D20119, doi:10.1029/2008JD10201

3 Gleick, Peter H. "Methods for evaluating the regional hydrologic impacts of global climatic changes." *Journal of hydrology* 88.1-2 (1986): 97–116.

4 Moriasi, Daniel N., et al. "Hydrologic and water quality models: Performance measures and evaluation criteria." *Transactions of the ASABE* 58.6 (2015): 1763–1785.

5 Партасенок И.С., Гайер Б. Исследования возможных сценариев изменений климата Беларуси на базе ансамблевого подхода. Труды гидрометеорологического научно-исследовательского центра российской федерации, № 358. М.: Гидромет. науч.-исслед. центр РФ. С. 99–111.

Работа выполнена при поддержке гранта РГО-РФФИ 17-05-41118 РГО_a.

Коллектив авторов признателен проекту EU-FP6 ENSEMBLES (<http://ensembles.eu.metoffice.com>) за разработанный ими архив данных E-OBS v14.0, а также провайдеру данных ECA&D (<http://www.ecad.eu>)

УДК 502.3

В.В. Ершов, гидрогеолог 1 категории¹; М.М. Черепанский, д-р г.м. наук, ст. науч. сотр.²

¹ФГБУ Гидроспецгеология, ²Российский Государственный Геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе

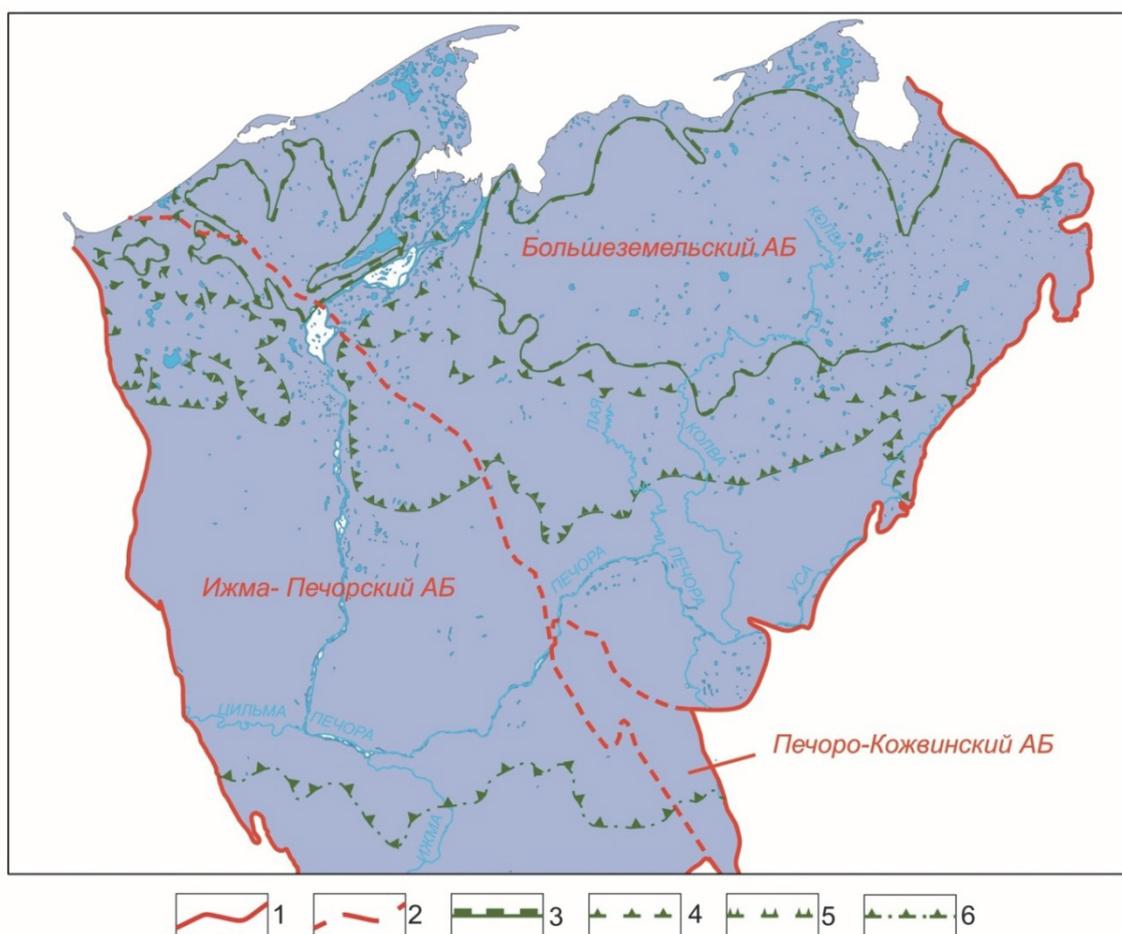
ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ЗОНЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД С УЧЕТОМ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ

В развитии народного хозяйства страны северные районы играют все большую роль. Печорский артезианский бассейн является одним из основных нефтегазоносных регионов Крайнего Севера. В Печоро-Уральском регионе открыто множество нефтяных и газовых месторождений, которые интенсивно осваиваются в последнее время. В связи с этим возникает необходимость оценки прогнозных ресурсов подземных вод в зонах многолетнемерзлых пород.

Печорский артезианский бассейн (ПАБ) входит в состав Тимано-Печорского сложного артезианского бассейна и, в свою очередь, состоит из бассейнов третьего порядка: Ижма-Печорского, Большеземельского и Печоро-Кожвинского (рисунок 1) [1]. Геоэкологические

условия на территории ПАБ весьма разнообразны, криолитозона занимает 56,7% его площади; она распространяется от северного побережья Баренцева (Печорского) моря до широты города Печора в центральной части территории [4].

Основной особенностью криолитозоны Печорского артезианского бассейна, является ее двухслойное строение, условия распространения и залегания мерзлых пород. В северной части бассейна мерзлые породы имеют преимущественно сплошное распространение с присутствием сквозных и несквозных таликов, которым приурочены подземные воды [2]. Область сплошного распространения ММП занимает сравнительно возвышенную северную часть региона, но не доходит до побережья. Вдоль побережья ММП имеют прерывистый характер распространения, что обусловлено наличием участков криопэгов в связи с засоленностью пород и поверхностных вод. Мощность мерзлых пород в зоне сплошного распространения достигает 500 м.



1 – граница гидрогеологической структуры первого порядка; 2 – граница гидрогеологической структуры второго порядка; 3 – граница распространения сплошной зоны многолетнемерзлых пород; 4 – граница распространения прерывистой зоны многолетнемерзлых пород; 5 – граница распространения массивно-островной зоны многолетнемерзлых пород; 6 – граница распространения островной зоны многолетнемерзлых пород.

Рисунок 1 – Зоны современных многолетнемерзлых пород.

Ввиду значительной заозеренности территории в данном районе, и присутствии морских отложений, здесь преобладают в основном несквозные талики и криопэги со среднегодовой температурой -1° -3° . Сплошное распространение мерзлых пород в этой части бассейна представлено отдельными массивами незначительной площади [2]. Южнее сплошное распространение ММП плавно переходит в прерывистое, а затем сменяется массивно-островным. Мощности ММП варьируются в пределах 50–300 м. В южной части бассейна

преобладает островное распространение ММП. Острова мерзлых пород хаотично располагаются и в центральной части бассейна, в основном сосредоточены у южной границы Большеземельского артезианского бассейна, где мощность мерзлых пород может достигать 100 м.

В процессе изучения ПАБ, появились новые данные о криолитозоне и подземных водах территории. Наличие новой информации, выявило потребность пересмотра и уточнения ряда прежних представлений о формировании подземных вод в геокриологических условиях.

Выполненные работы, позволили разделить криогенные толщи на четыре зоны: сплошного (90% ММП), прерывистого (50–90%), массивно-островного (20–50%) и островного (20%) развития ММП (рисунок 1).

Зона сплошного распространения ММП занимает 26,5% территории Печорского АБ или 46,8% территории его криолитозоны (рисунок 1). Мощность ММП в зоне их сплошного распространения 50–500 м, она максимальна на высоких водоразделах и резко сокращается в долинах рек. Мерзлые породы с максимальной мощностью 300–500 м сформировались в ледниковые эпохи верхнего неоплейстоцена; затем верхняя их часть протаяла в оптимум голоцена, и вновь промерзла в позднем голоцене. На равнинных участках температура мерзлых пород равна $-2 - -3^{\circ}\text{C}$, на вершинах холмов и гряд до $-4 - -4,5^{\circ}\text{C}$, а в отрицательных формах рельефа повышается до -1°C . Мощность слоя сезонного протаивания варьирует в пределах 0,9–1,4 м [2].

Зона прерывистого распространения ММП занимает 7,5% территории ПАБ и 13,1% его криолитозоны (рисунок 1). Мощность ММП колеблется от 50–300; в поймах рек и на склонах долин она сокращается до 25–30 м. На морском побережье мощность мерзлых пород в целом несколько меньше 50–100 м, а широко развитые здесь криопэги приводят к ее сокращению до 25–30 м [5]. Типичными фоновыми температурами *данной* зоны являются $-1 - -3^{\circ}\text{C}$. В этом диапазоне минимальные значения температур отмечены на плоскобугристых торфяниках и в пределах выпуклых вершин, гряд и холмов [2]. На плоских междуречьях характеризованы более мягкие температуры ($-1,5 - -0,5^{\circ}\text{C}$). На склоновых участках и отрицательных формах рельефа температура поднимается до ($0-0,5^{\circ}\text{C}$). На участках сквозных таликов температуры принимают положительный характер и равны $0-2,5^{\circ}\text{C}$. Мощность слоя сезонного протаивания в торфе составляет 0,5–0,8 м, в суглинках 0,8–1 м, в песках – 1,5–2 м.

Зона массивно-островного распространения ММП

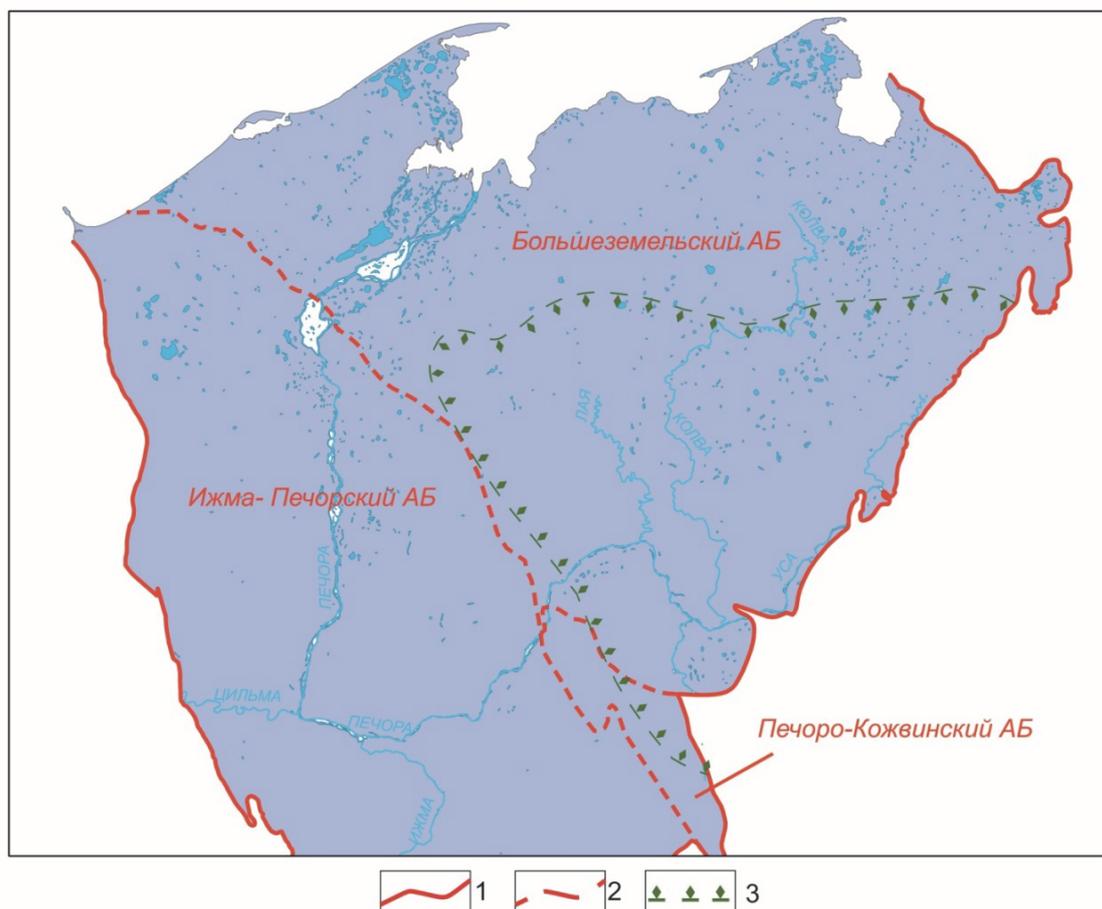
Многолетнемерзлые породы в данной зоне занимают 30–50% площади территории (рисунок 1). В северной части мерзлые породы приурочены к водораздельным участкам, в южной – к высоким надпойменным террасам и заболоченным низинам. В рассматриваемой зоне, широко распространены талики радиационного и гидрогенного типа. По природе образования талики делятся на сквозные и несквозные. Большинство сквозных и несквозных таликов распространены под руслами (и частично на поймах) рек и водотоков, в межблочных понижениях и полосах стока, заросших растительностью [4]. В северной части сквозные талики приурочены к понижениям более 30 м, а несквозные к понижениям от 10–15 до 25–30 м. При продвижении на юг, несквозные и сквозные талики начинают появляться в более узких полосах стока и понижениях. В самой южной части зоны массивно-островного распространения ММП сквозные талики приурочены к полосам стока и понижений более 10 м; а несквозные талики залегают в еще более мелких понижениях (до 5 м), мощность таких таликов незначительна и не превышает 5–10 м.

Зона островного распространения ММП. В этой зоне встречаются лишь отдельные острова маломощных (10–20 м) мерзлых пород, представленных торфами и подстилающими их заторфованными породами, на их долю приходится около 20% площади территории. В мелких межбугровых понижениях развиты несквозные талики (рисунок 1).

Установлена деградация современных ММП, на основе данных Государственного мониторинга состояния недр. Она проявляется в повышении их температуры, в уменьшении льдистости и ухудшении прочностных свойств отложений. Деградация на ландшафтах сложенных суглинистыми отложениями и торфами была «выше среднемноголетней» на 11–23%, а на ландшафтах с песчаными и гравийными грунтами более чем на 25%. Еще одно проявление деградации ММП – увеличения мощности несквозных таликов основных типов:

радиационно-тепловых и гидрогенных. Величины приращений их мощности на озерно-аллювиальных верхнеплейстоценовых равнинах варьировались за 2–3-летний период наблюдений от 1,0 м на слабо дренированных площадях до 2,3 м на дренированных. Также отмечены явления глубокого протаивания ММП при разработке месторождений нефти вокруг эксплуатационных и нагнетательных скважин, что нарушает инженерно-геологические и гидрогеологические условия и может привести к негативным последствиям.

Встречаются реликтовые ММП в центральной и юго-восточной части криолитозоны ПАБ, помимо рассмотренных современных ММП, (рисунок 2).



1 – граница гидрогеологической структуры первого порядка; 2 – граница гидрогеологической структуры второго порядка; 3 – граница распространения зоны реликтовых многолетнемерзлых пород;

Рисунок 2 – Реликтовые мерзлые толщи

Здесь криолитозона имеет двухслойное строение мерзлых пород [3]. В голоценовом оптимуме реликтовая криогенные толщи частично протаяла. Причем, в Северной зоне локально и не глубоко, поэтому позднее эта толща сомкнулась с голоценовыми ММП [5]. При продвижении на север, граница реликтовых ММП совпадает с границей современных ММП, образуя единую криогенную толщу. В районах, где мощности современных ММП не достаточно велики, и не достают до кровли реликтовых криогенные толщи, распространяются двухслойные толщи. В этом районе значительно увеличены площади сквозных таликов, обусловленных наличием нескольких рек. В основном реликтовые ММП образуют сплошные массивы с невысокой вероятностью наличия таликов. Глубина залегания подошвы реликтовых многолетнемерзлых пород в северной части составляет 400–500 м (глубина залегания кровли 300 м), в южной – 300–400 м (кровля 150–200 м). Сквозные талики возможны только под крупными водотоками (Печора, нижнее течение рек Усы и Колвы) и в зонах крупных региональных разломов.

Выявленные закономерности распространения реликтовых ММП определяются палеогеологическими и палеогеографическими условиями, что свидетельствуют об *отсутствии их связи с современной климатической зональностью*. Ввиду отсутствия связей реликтовых ММП с дневной поверхностью, деградация этих криогенных толщ практически не происходит. За исключением возможного расширения сквозных таликов, в связи с возможным увеличением объемов циркулирующей по ним воды.

Разделение криогенной толщи ПАБ на зоны различного распространения ММП, позволяет более углубленно рассматривать интересующие для изучения участки на исследуемой территории относительно ранее выделенных границ распространения ММП [3]. Необходимо учитывать зоны распространения ММП и их индивидуальные особенности при расчетах прогнозных ресурсов подземных вод. Наличие данных о глубинах залегания ММП позволят более детально картировать водоносность отложений, на локальном уровне. Для обоснованности геокриологических исследований следует рассматривать наличие каждой зоны и ее условий по бассейнам отдельно, что позволит, более точно оценить прогнозные ресурсы подземных вод.

Список использованных источников

1 Водолазская В.П., Опаренкова Л.И., Зархидзе Д.В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации.

2 Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Уральская. Лист Q-40 (Печора). Объяснительная записка. – С.-Пб.: 2010.

3 Ершов Э.Д., Баулин В.В., Гарагуля Л.С., Романовский Н.Н. Геокриология СССР Европейская территория СССР. – М.: Недра, 1988.

4 Ершов Э.Д., Кондратьева К.А., Логинов В.Ф., Сычев И.К. Геокриологическая карта СССР. Масштаб 1:2 500 000. – М.: МГУ, 1991.

5 Оберман Н.Г. Криолитозона и подземные воды Печоро-Уральского региона. Автореферат докторской диссертации.- Якутск: 1992г.

6 Оберман Н.Г., Зархидзе В.С., Суходольский С.Е. и др. Геокриологические условия Европейской территории СССР и Урала. // Геокриология СССР. Европейская территория СССР. М., «Недра», 1988. С. 203–301.

УДК 556.512 (282.2) (476)

П.С. Лопух, проф., д-р. геогр. наук.
Белорусский государственный университет, г. Минск

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ НОВОГО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Целью данной работы является анализ условий формирования стока на территории Беларуси и перспективы корректировки гидрологического районирования территории Беларуси в условиях трансформации факторов формирования стока и неустойчивого климата.

Задачами исследования являются: анализ основных факторов формирования речного стока в условиях Беларуси; анализ пространственно-временных изменений норм стока; сравнение показателей стока на территории Беларуси до и после потепления; корректировка гидрологического районирования территории Беларуси в связи с существенным увеличением периода инструментальных наблюдений за стоком. Сток в речных системах является их движущей силой и рассматривается как важнейший природный процесс и интегральный показатель формирования водных ресурсов. Гидрологическое районирование является основой для рационального водопользования.

В основу гидрологического районирования любой территории должен быть положен комплексный географический подход, учитывающий три основополагающих принципа: бассейновый, ландшафтный и собственно гидрологический, отражающие ряд географических

факторов и условий формирования поверхностного стока. Ядром каждого гидрологического района являются речные водосборы крупнейших рек Беларуси: Западной Двины, Вилии, Немана, Припяти, Днепра (или основная их часть), которые отличаются условиями формирования речного стока. Районирование было разработано в начале 60-х гг. Смомента его разработки прошло более полвека. За это время произошли существенные изменения в гидрографической сети, трансформация условий формирования стока и в гидрологическом режиме рек.

Комплексность гидрологического районирования заключается в ландшафтной оценке природных условий территории водосборов, определяющих условия формирования стока. В этом направлении оценивается роль геологии, рельефа, почв, количественные показатели физико-географических условий водосборов, степень их освоенности, природной и искусственной зарегулированности поверхностного стока, устойчивость питания рек в пределах гидрологического района. Ландшафтный принцип, по своей сути, отражает зональные физико-географические особенности территории Беларуси, в том числе и климатические, которые зонально изменяются с севера на юг и с запада на восток республики и обуславливают основные закономерности распределения поверхностного стока. Азональные факторы отражают региональные условия водосборов, особенно малых и очень малых рек. Они отражают провинциальные особенности и обуславливают выделение подрайонов в пределах гидрологических районов. Важным критерием выделения гидрологических районов является учёт показателей гидрологического режим.

Закономерности распределения поверхностного стока по территории Беларуси отражают общие и региональные особенности гидрологического режима рек. Основными критериями стока являются модуль стока и распределение стока на протяжении года, по гидрологическим сезонам года, объём весеннего стока, величина минимального стока и другие показатели. Неравномерность распределения поверхностного стока по территории зависит от количества атмосферных осадков, величины испарения, температуры воздуха, толщины и устойчивости снегового покрова.

Степень развития гидрографии районов отражает густота речной сети. Критериями особенностей гидрологического режима рек являются особенности питания, доля весеннего стока и др. За основную единицу существующего гидрологического районирования принят гидрологический район, который отражает общность гидрологических процессов на водосборе. В 60-е годы было выделено шесть гидрологических районов: Западнодвинский (включает западный и восточный подрайоны), Верхнеднепровский (северный, центральный и южный подрайоны), Вилейский (северный и южный подрайоны), Неманский, Центральнорезинский (Березинско-Приднепровский и Предполесский подрайоны) и Припятский (Западнобугский, Северо-Припятский и Южно-Припятский подрайоны).

Разработанное районирование отражало основные достижения развития гидрологии в Беларуси и имело большое практическое значение. Гидрологическое районирование в таком виде является единственным в Беларуси и действует по сей день. Однако оно имеет ряд недостатков (нарушен бассейновый принцип, не полностью учитывает сложившиеся современные условия формирования стока, не учитываются изменения, произошедшие на современных водосборах, климатические изменения и т.д.). Наиболее важным аспектом является изменение количественных показателей стока, обусловленных проведенной мелиорацией, изменением зарегулированности стока, преобразованием природных ландшафтов. Отсутствуют новые утвержденные нормы стока.

Первые карты стока появились в 20-х годах XX в. в связи с решением задач, поставленных знаменитым планом ГОЭЛРО. Он активизировал быстрое развитие гидрологических исследований в СССР, связанных с электрификацией и решением водохозяйственных задач. Созданный в 1919 г. Государственный гидрологический институт начал разработку основных проблем гидрологии, включая создание гидрологических карт, включая картосхемы гидрологического районирования.

В 1927 г. Д.И. Кочериным была составлена карта среднего годового стока европейской части СССР в масштабе 1:20 000 000. Б.Д. Зайковым в 1946 г. была составлена карта

модулей стока для Европейской части СССР, в том числе и для Беларуси. Карта составлена на основании материалов многолетних наблюдений по рекам республики и смежных с нею областей. Изолинии проведены на основании величин норм годового стока отнесённых к геометрическим центрам соответствующих водосборных площадей. В том же году Б.Д. Зайков уточнил карту стока.

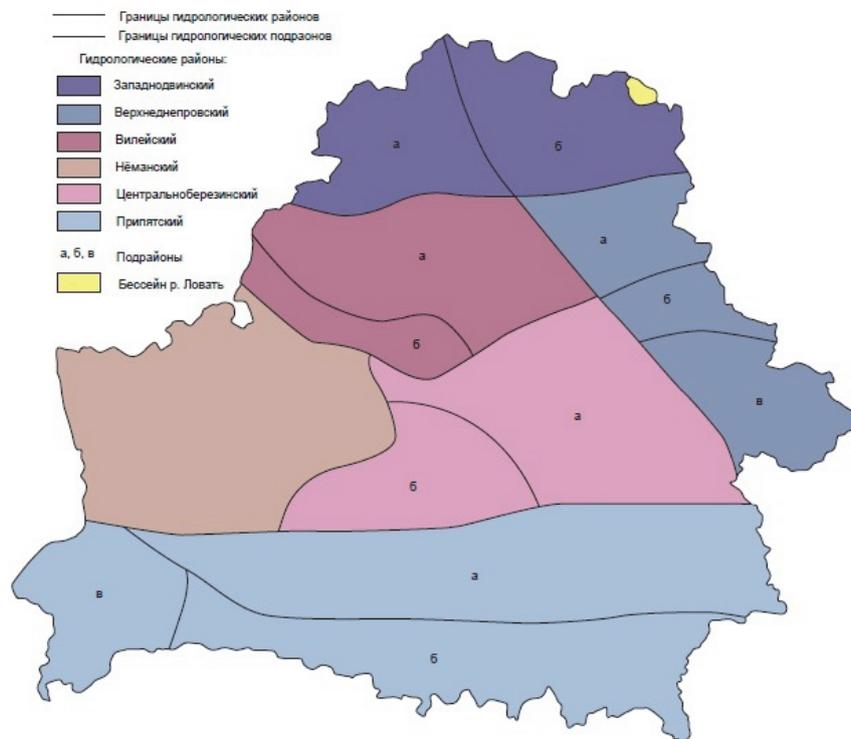


Рисунок 1 – Существующее гидрологическое районирование территории Беларуси

Увеличение числа пунктов наблюдений за стоком после Великой Отечественной войны позволило собрать более полный банк данных по стоку. Данные 1953 г. были использованы И.М. Лившицем при построении карты нормы стока для территории Беларуси. Уточнение карты стока территории СССР 1946 года было произведено К.П. Воскресенским в 1962 году.

Карта составлена на основании материалов многолетних наблюдений по 50 рекам республики и смежных с нею областей. Изолинии проведены на основании величин норм годового стока отнесённых к геометрическим центрам соответствующих водосборных площадей. В первый «Атлас БССР» (1958 г.) вошли карты «Годовой стока», «Стока за весенний и летний сезоны», «Стока за осенний и зимний сезоны», подготовленные И.М. Лившицем. Затем появились его же работы «Внутригодовая обеспеченность расходов рек БССР» (1948 г.), «Обеспеченность суточных расходов рек Полесья» (1955 г.). Условия формирования нормы стока, минимального стока исследованы К.А. Ключевой и В.В. Салазановым. Изучение водного баланса рек и речных водосборов, методике расчёта величины испарения с поверхности водоёмов, влиянию мелиорации на речной сток посвящены труды А.Г. Булавко и В.Ф. Шебеко. Последняя карта стока и оценка трансформации гидрологических показателей в начале XXI столетия выполнена А.А. Волчком. Таким образом, на протяжении XIX столетия за период инструментальных наблюдений шёл процесс уточнения распределения модулей стока, но схема гидрологического районирования территории Беларуси оставалась неизменной.

Для оценки трансформации условий формирования стока на водосборах территории Беларуси, происшедшие за последние 50 лет и их корреляции с ранее разработанным и предлагаемым проектом нового районирования, был использован метод наложения карт гидрологического районирования на цифровые карты отражающие условия и факторы формирования стока рек Беларуси. Было использовано более двух десятков карт.

Геологическое строение и почвы. Весьма важно геологическое строение речного бассейна, особенно вещественный состав пород и характер их залегания, поскольку они определяют подземное питание рек. Водопроницаемые породы (мощные пески, трещиноватые породы) служат аккумуляторами влаги. Сток рек в таких случаях больше, так как меньшая доля осадков затрачивается на испарение. Река Нёман отличается выходами подземных вод в виде водных источников.

При сопоставлении карт выявлены некоторые закономерности: несоответствие современной геологической карты с ранее составленной картой районирования. Часть четвертичных отложений, широко распространённых в одном районе, попадают в другой район. В Западновинском районе распространены тяжёлые моренные суглинки, ленточные глины (вливают на формирование поверхностного стока), часть которых приходится на северную часть Верхнеднепровского района. В Верхнеднепровском районе широкое распространение получили лессовидные суглинки, на севере распространены моренные отложения и водноледниковые, а на юге – флювиогляциальные. Вилейский район – широкое распространение получили моренные супеси и суглинки, флювиогляциальные и болотные отложения. В Нёманском районе представлены ледниковые моренные толщи, флювиогляциальные и озёрноледниковые отложения. В Центральноберезинском районе распространены водноледниковые пески и супеси. Для Припятского характерны озёрно-аллювиальные, аллювиальные, болотные, флювиогляциальные и ледниковые отложения. Разнообразие литологического состава четвертичной толщи обуславливает особенности стока поверхностного (суглинки, глины) и подземного (пески, супеси, карстующиеся породы).

Почвогрунты влияют на сток через инфильтрацию и структуру. Глина увеличивает поверхностный сток, песок его сокращает, но увеличивает подземный сток, являясь регулятором влаги. Прочная зернистая структура почв (например, у черноземов) способствует проникновению воды вглубь, а на бесструктурных распыленных суглинистых почвах часто образуется корка, которая увеличивает поверхностный сток [23, 32].

Рельеф. Влияние рельефа (абсолютной высоты и уклонов поверхности, густоты и глубины расчленения) велико и разнообразно. На склонах возвышенностей сток рек обычно больше, чем на равнине, так как в наветренных склонах обильнее осадки, меньше испарение из-за более низкой температуры, за счет больших уклонов поверхности короче путь и время добегания выпавших осадков до реки. Из-за глубокого эрозионного вреза обильнее подземное питание (сразу из нескольких водоносных горизонтов). В Беларуси этот фактор проявляется на склонах возвышенностей.

Максимальная глубина расчленения (до 100 м) характерна для долин крупных рек. На пониженных междуречьях этот показатель не превышает 5 м, а на возвышенностях увеличивается до 10–40 м. В районировании рельеф практически не учтён. Пример – Полоцкая низина, занимающая большую часть Западновинского района, но юго-восточная часть низины выходит за его пределы в Верхнеднепровский район. Северо-восточная часть Белорусской и Свенцянская гряды могли бы послужить границей Западновинского района.

Климат. При выделении районов и подрайонов следует учитывать все климатические показатели (осадки твёрдые и жидкие, испаряемость, температурный режим и др.). Эти значения могут служить основными при выделении районов и подрайонов. Климатические особенности на карте старого гидрологического районирования не коррелируются по Шкляру и по В.И. Мельнику.

Осадки. Не во всех районах учтены показатели годовых осадков. Распределение осадков сложное (зависит от высоты, крутизны, экспозиции, длины и направления склонов), максимум приурочен к возвышенным участкам, например, Новогрудская и Минская возвышенности.

Снежный покров. Талые воды формируют значительную часть стока. Границы районов с показателями снежного покрова совпадают только в подрайонах Западновинского и практически в Вилейском районе. Во всех остальных границы существенно нарушены. Наибольшие показатели уровня снежного покрова приурочены к северо-восточной части Беларуси и возвышенным участкам республики. Наименьшие показатели – на юго-западе

и юго-востоке республики. Такое распределение соответствует пространственным природным закономерностям.

Растительность. Влияние растительности – разных типов лесов, лугов, посевов и т. д. – неоднозначно. В целом растительность регулирует сток. Общая площадь земель лесного фонда составляет 8,9 млн га (36,0% территории Беларуси). Хотя лесами покрыто более 1/3 территории, их распределение очень неравномерно. В настоящее время леса занимают главным образом песчаные равнины и заболоченные низины. Крупных лесных массивов относительно немного, однако нет и абсолютно безлесных районов.

В западной части Беларуси большинство районов сравнительно малолесные. Лесистость здесь в среднем равна 26,4%, причем на Гродненской возвышенности она составляет всего 5,4%. Северная часть Беларуси в целом довольно лесистая. Почти сплошные леса покрывают бассейны притоков Западной Двины, Дриссы, Полоты, Сосницы. На Верхнеберезинской низине леса занимают свыше 40% территории. Из всех возвышенностей Беларуси наиболее лесиста Минская, однако ее южная часть малолесна. В восточной части Беларуси леса сохранились отдельными небольшими разобщенными участками и только в южной части – в междуречье Сожа и Беседи – они представлены довольно крупными массивами. На юге Беларуси, в Полесской низменности, лесные массивы соединяются друг с другом почти на всем протяжении с запада на восток, причем западная часть низменности значительно менее лесиста, чем восточная. Наиболее лесиста центральная часть Полесья.

Естественная и искусственная зарегулированность, кроме бассейна Западной Двины не учитывается. Влияние озер однозначно: они уменьшают сток рек, поскольку с водной поверхности больше испарение. Однако озера, как и болота, являются мощными естественными регуляторами стока и увеличивают меженный сток [20].

Влияние хозяйственной деятельности на сток весьма значительно. При создании водохранилищ меняется режим реки: в период избытка вод происходит накопление их в водохранилищах, в период недостатка – использование на хозяйственные нужды. Кроме того, сток таких рек в общем сокращается, ибо увеличивается испарение с водной поверхности, значительная часть воды расходуется на водоснабжение, орошение, обводнение, уменьшается подземное питание. Но эти неизбежные издержки с избытком перекрываются эффектом регулирования стока. За счёт создания водохранилищ и прудов озёрность Беларуси увеличилась с 1,5 до 1,9%. Существенная роль в регулировании стока во времени принадлежит как водохранилищам, так и прудам, расположенным, как правило, на малых реках.

Распределение водохранилищ по территории республики обусловлено потребностями хозяйства в воде и природными особенностями. Водоохранилища размещаются не на крупных реках, а на притоках первого-третьего порядка. Это связано с меньшим затоплением земель при их заполнении. Основной фонд водохранилищ находится в пределах Белорусского Полесья, где мало озёр и активно проводились мелиоративные предприятия. Для бассейна Немана характерны небольшие водохранилища и пруды. Сейчас на территории Беларуси насчитывается почти 1,5 тыс. прудов. Наибольшая плотность прудов наблюдается в центральной и западной частях республики.

Крупномасштабные мелиорации в середине 60-х гг. XX века оказали влияние на природные комплексы, в том числе и на речной сток. Наиболее сильно подверглось мелиоративным воздействиям Белорусское Полесье. В результате хозяйственной деятельности — создание, реконструкция и эксплуатация мелиоративных систем, строительство гидротехнических сооружений, создание водохранилищ и прудов — многие реки существенно изменили свой режим. Практически не осталось малых и средних рек с естественным гидрологическим режимом, не нарушенным влиянием антропогенных факторов. Интенсивные мелиоративные мероприятия изменили гидрографическую сеть Беларуси.

Кроме факторов антропогенного характера, на речной сток оказывают существенное влияние и возможные изменения глобального климата, которые в ближайшее десятилетие проявятся в совокупности региональных его изменений различных временных и пространственных масштабов. Больше ста лет, с 1881 года, когда начались инструментальные наблюдения за погодой в Беларуси, до 1989 года изменений климата не наблюдалось. Сейчас

же мы видим явные его изменения, с каждым годом у нас становится теплее. Потепление, которое началось в 1989 году и длится до сих пор, характеризуется очень заметным повышением температур в зимний период и весенние месяцы.

Анализ пространственной структуры изменения годового стока позволяет утверждать, что в северной и центральной частях Беларуси, менее подверженных мелиоративным воздействиям, изменений годового стока практически не произошло. В северо-западной части расходы воды незначительно уменьшились за период 1966–2000 гг. В южной и юго-западных частях Беларуси произошло увеличение годового стока за период 1966–2000 гг. по сравнению с периодом 1965 г. Крупномасштабные мелиорации внесли значительный вклад в изменение годового стока малых рек Белорусского Полесья. Наблюдается уменьшение максимальных расходов после 1965 г. (до 25–40%) по всей территории Беларуси, только для двух рек-створов изменения имеют положительные значения: р. Бобрик и р. Вить. Для остальных створов изменения колеблются в пределах –1,028 (р. Виляя – с. Вилейка) до –0,016 (р. Припять – г. Туров).

Физико-географические условия водосбора влияют на процесс формирования поверхностного стока, они взаимосвязаны между собой и с гидрологическим режимом водных объектов. К физико-географическим характеристикам относятся: географическое положение, геологическое строение, рельеф (уклон, расчленённость), климатические условия, растительность, почвенный покров, водные объекты (в т. ч. густота речной сети), степень распаханности водосбора.

На основании большого фактического материала по речному стоку, накопленного Гидрометом к настоящему времени составлены обновлённые карты показателей, влияющих на сток. Это даёт возможность предложить проект нового (скорректированного) районирования территории Беларуси (рисунок 2).

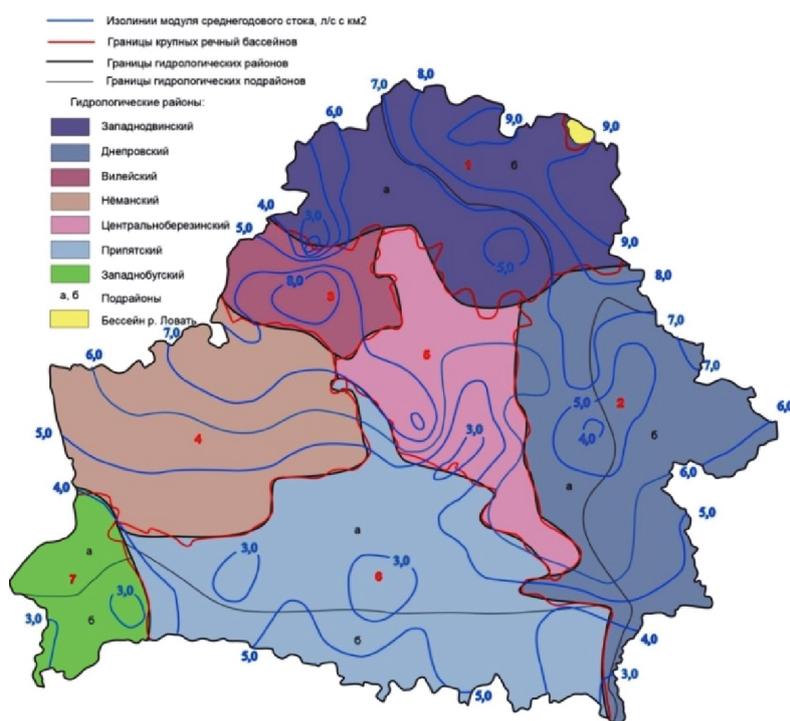


Рисунок 2 – Проект нового (скорректированного) гидрологического районирования территории Беларуси

Проект нового (скорректированного) гидрологического районирования основан на границах бассейнов крупнейших рек и показателях модуля среднегодового стока, служащих основой при выделении подрайонов. Согласно показателю территорию можно разделить на регионы с низким ($<5,0$ л/с км²), средним ($5,0–7,0$ л/с км²) и высоким стоком ($>7,0$ л/с км²).

Границы всех районов были приближены к границам их бассейнов. Подрайоны выделены в Западнотинском (западный (а) и восточный (б) подрайоны), Днепроовском (западный (а)

и восточный (б)), Припятском (северный (а) и южный (б)) и Западнобугском (Подляско-Предполесский (а) и Полесский (б)) районах.

На основании изолинии 7,0 л/с с км² модуля среднегодового стока была проведена граница подрайонов Западнодвинского района. Западный подрайон отличается низким и средним показателями модуля стока, а восточный – высоким. Выделение западного и восточного подрайонов в Днепровском районе предлагается выделять по границе бассейнов рек Днепр и Сож. Граница подрайонов Припятского района осталась неизменной и проходит практически по реке Припять. Южный и северный подрайоны были выделены здесь на основе левых и правых притоков Припяти, сток которых формируется в разных условиях. На западе Припятского был выделен новый район – Западнобугский, границы которого практически совпадают с изолинией модуля среднегодового стока 4,0 л/с с км² и границей бассейна Западного Буга. В его пределах, на основании различий в рельефе и разницы в сумме осадков, можно выделить два подрайона.

УДК. 332.133.:338.242

А.А. Пивоваров, проф., д-р техн. наук; С.А. Федулова, доц., канд. экон. наук
ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет», г. Днепр, Украина

ВОДНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В РАЗВИТИИ РЕГИОНАЛЬНОЙ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Анализ глобальных тенденций на период до 2030 года показывает, что спрос на водные ресурсы существенно вырастет из-за увеличения населения планеты. В связи с этим в научный оборот, все в большей степени, вводится понятие водной безопасности. В 2009 году Всемирный экономический форум дал приоритет водной безопасности в качестве глобального риска, заявив, что «безопасность воды это нить, которая соединяет в паутину продовольствие, энергетику, климат, экономический рост и вызовы безопасности человека, с которыми столкнется мировая экономика в течение следующих десятилетий» [1].

По оценкам Национального разведывательного совета США спрос на продовольствие к 2030 году вырастет на 35 процентов, а на воду – на 40. Почти половина населения мира будет жить в районах, испытывающих серьезную нехватку пресной воды [2].

Мировое научное сообщество начало использовать термин «водная безопасность» гораздо раньше, чем украинский научный мир. На 2-м Всемирном водном форуме в 2000 году, Всемирный Водный Совет представил свое видение «мира водной безопасности – видение во имя воды, жизни и окружающей среды». Глобальным Водным Партнерством (GWP) был опубликован труд «На пути достижения водной безопасности: платформа для действий».

Итак, техническим комитетом Глобального Водного Партнерства было представлено определение термина «водная безопасность», а именно: «водная безопасность, на любом уровне, от бытового до глобального, означает, что каждый человек имеет доступ к достаточному количеству безопасной воды по доступной цене для чистой, здоровой и продуктивной жизни, обеспечивая при этом, защиту окружающей среды» [1].

Проблемами разработки методологии безопасности в Украине, в основном, занимается Национальный институт стратегических исследований. На данный момент разработана методика расчета интегральной оценки уровня экономической безопасности Украины. Данная методика включает 9 составляющих интегральной оценки: демографическая, энергетическая, продовольственная, социальная, инновационная, внешнеэкономическая, финансовая, инвестиционная и макроэкономическая. Ученые данного института отмечают, что экономическая безопасность государства является важной составляющей национальной безопасности, но при этом подчеркивают, что это сложная система, которая имеет свою структуру и внутреннюю логику, что обуславливает необходимость совершенствования

методологии интегральной оценки уровня экономической безопасности государства с целью обеспечения адекватного реагирования на дестабилизирующие факторы.

25 мая 2016 Глобальное водное партнерство Украины и Институт водных проблем и мелиорации НААН провели Второй национальный политический диалог, посвященный обсуждению заинтересованными сторонами вопросов достижения водной безопасности в аграрном секторе страны и управления засухами как важных составляющих продовольственной безопасности государства в условиях изменений климата. Можно отметить, что и в Украине начинает зарождаться новое научное понятие «водная безопасность», которое тесно связано как с безопасностью региональных систем государства, так и с национальной безопасностью. Данное научное направление, конечно же, требует постановки задач исследования, разработки методик анализа и оценки, а также связанных с этим определением пороговых значений, механизма реализации концепции водной безопасности с целью обеспечения адекватного реагирования на дестабилизирующие факторы и сохранения экономического развития государства.

Национальным институтом стратегических исследований разработана методология оценки экологической безопасности Украины. В состав данной оценки включен блок «водные ресурсы». Учитывая характер изменений состояния водных ресурсов, институтом предлагается применять такие индикаторы оценки [3]:

- водоемкость валового внутреннего продукта (ВВП), м³/1000 грн;
- качество воды для нужд населения по комплексу показателей в соответствии с Государственными санитарными нормами и правилами «Гигиенические требования к воде питьевой, предназначенной для потребления человеком»;
- доступ населения к качественной питьевой воде, %;
- доля оборотной и последовательно используемой воды в общем объеме использования воды на производственные нужды, %;
- сброс загрязненных сточных вод без очистки в поверхностные водные объекты, м³;
- общий уровень использования подземных вод, %;
- уровень потерь с водопроводно-канализационных сетей, %;
- уровень обеспечения очистными сооружениями, %;
- степень износа водопроводных и канализационных сетей, %;
- площадь подтопленных территорий, км².

Несмотря на существенное сокращение объемов водопользования в Украине (по сравнению с 1990 годом почти вдвое) и соответствующее уменьшение техногенной нагрузки на водные объекты, экологическое состояние поверхностных и подземных источников водоснабжения не улучшается. Происходит значительное геохимическое загрязнение водозаборных ландшафтов тяжелыми металлами, продуктами переработки нефти, остатками минеральных удобрений. Ежегодно в поверхностные водные объекты страны сбрасываются большие объемы недостаточно очищенных коммунально-бытовых и промышленных сточных вод, что является следствием значительных объемов таких отходов и неэффективности систем очистки воды. Как отмечает технический комитет Глобального Водного Партнерства, водная безопасность имеет три ключевых аспекта – социальная справедливость, экологическая устойчивость и экономическая эффективность [1].

Экономический аспект:

- повышение продуктивности воды и ее сбережение во всех секторах, использующих воду;
- совместное использование экономических, социальных и экологических выгод в управлении трансграничных рек, озер и водоносных горизонтов.

Социальный аспект:

- обеспечение равноправного доступа к водным услугам и ресурсам для всех через тщательно проработанные политики и нормативно-правовые базы на всех уровнях;
- формирование устойчивости сообществ перед лицом экстремальных явлений посредством проведения «мягких» и «твердых» мер.

Экологический аспект:

- управление водными ресурсами на устойчивой основе в рамках «зеленой» экономики;
- восстановление экосистемных услуг в бассейнах рек для улучшения здоровья рек.

Понятие «водная безопасность» имеет широкий межотраслевой подход (сельское хозяйство, инжиниринг, экология, гидрология, геология, экономика, менеджмент, политика, водные ресурсы и т.п.), что является важным для того, чтобы учесть все важные аспекты водной безопасности. Таким образом, водная безопасность опирается на эффективную интеграцию управления водными ресурсами в различных масштабах, в частности на национальном, региональном, бассейне реки, и местных масштабах и включает в себя основные элементы экономической эффективности, социальной справедливости и экологической устойчивости.

С учетом происходящих в Украине процессов децентрализации и связанными с ними процессами регионализации авторы считают, что есть смысл ввести понятие «водной безопасности» на региональном уровне. Обеспечение регионов (областей) Украины водными ресурсами не одинаково. Существуют значительные диспропорции в обеспечении водой регионов Украины. По данным Государственного агентства водных ресурсов Украины в пятерку крупнейших водопотребителей в Украине входят Днепропетровская, Запорожская, Донецкая, Херсонская и Киевская области (таблица 1).

Необходимо отметить, что в бассейне Днепра создан многоотраслевой хозяйственный комплекс, в состав которого входит промышленность, сельское хозяйство, гидроэнергетика, коммунальное хозяйство, водный транспорт, рыбное хозяйство. Здесь сосредоточено около 43% промышленного производства Украины.

Таблица 1 – Использование свежей воды по регионам, включая пресную и морскую воду (по данным Государственного агентства водных ресурсов Украины, млн.м³)

| Показатель | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|
| Украина | 30201 | 20338 | 12991 | 10188 | 9817 | 10086 | 10507 | 10092 | 8710 | 7125 |
| <i>области</i> | | | | | | | | | | |
| Днепропетровская | 3599 | 2752 | 1756 | 1579 | 1361 | 1407 | 1429 | 1349 | 1359 | 881 |
| Донецкая | 3419 | 2548 | 1751 | 1508 | 1467 | 1479 | 1445 | 1354 | 1135 | 936 |
| Запорожская | 4598 | 2635 | 1702 | 1076 | 1099 | 944 | 1186 | 1237 | 1146 | 1150 |
| Киевская | 2131 | 1496 | 1132 | 812 | 902 | 925 | 1028 | 866 | 808 | 706 |
| Херсонская | 2161 | 1131 | 639 | 610 | 770 | 963 | 1083 | 1074 | 1062 | 1037 |

В этой связи такие факторы значительно могут повлиять на экономическую безопасность региональных систем, рассматривая регион с позиции системного подхода. На рисунке 1 представлена общая схема водной безопасности в развитии региональной социально-экономической системы.

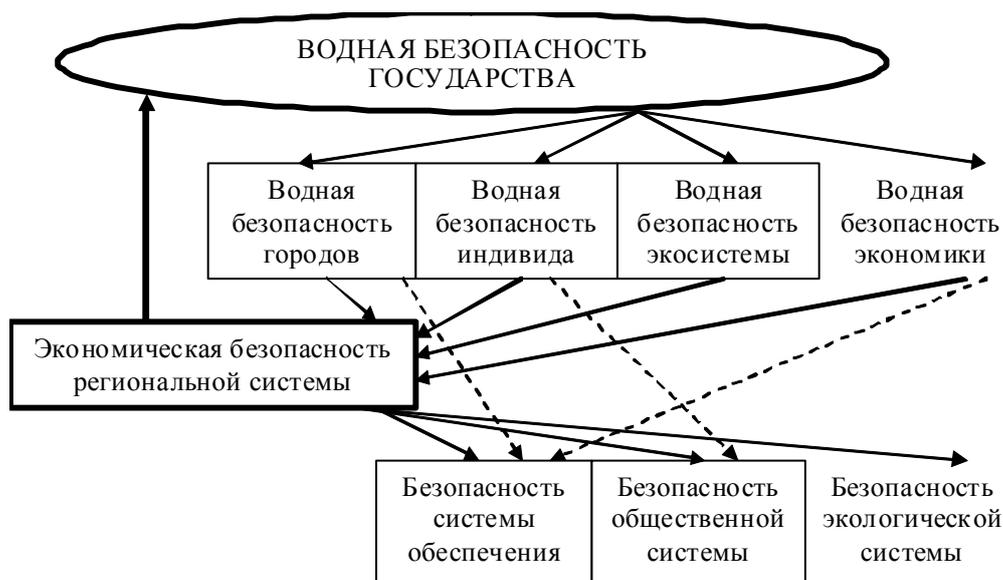


Рисунок 1 – Общая схема водной безопасности в развитии региональной социально-экономической системы (предложено авторами)

Во всем мире, на производство пищевых продуктов приходится более 70% всего водозабора, и более 90% – в засушливых странах. Существует тесная связь между водной безопасностью и продовольственной безопасностью [1]. Ученые Института водных проблем и мелиорации НААН Украины, декларируют, что возможность эффективного использования агроресурсного потенциала на значительной части территории Украины лимитируется уровнем естественной влагообеспеченности (дефицит влаги на юге, избыток – на Полесье). На втором национальном политическом диалоге они же заявили, что в существующих условиях устойчивое ведение земледелия в Украине невозможно без проведения мероприятий по искусственному регулированию водного режима почв – орошения на юге и осушения на севере страны.

В этой связи Украине необходим баланс между количеством продовольствия, которое планируется производить на местном уровне, используя имеющиеся водные ресурсы, и объемом импорта продовольствия, которое в свою очередь потребляет воду из других источников.

Импорт продуктов питания может «высвободить» локально для других целей ту воду, которая использована для выращивания культур в своей стране. Многие страны уже в значительной степени зависят от импорта продовольствия, поскольку они не имеют достаточных водных ресурсов для выращивания всего объема своего собственного продовольствия [1]. Например, в Великобритании, импорт продовольствия приходится почти на две трети потребляемой воды, в соответствии с потребностями нации в продовольствии [4]. В этом случае ученые говорят о таком понятии как «виртуальная вода». Безусловно, желание получить «виртуальную воду» не должно идти в разрез с национальными интересами других государств, из которых импортируется «виртуальная вода». Если же в других государствах имеет место нехватка воды для производственных целей, то такие экономические отношения лучше не осуществлять, так как в дальнейшей глобальной водной безопасности это неизбежно даст о себе знать. Повышение водной безопасности для конкретной страны или бассейна не должно осуществляться за счет снижения уровня водной безопасности в других регионах. Повышение водной безопасности в стране за счет импорта «виртуальной воды» должно происходить исключительно за счет водной безопасности стран-экспортеров.

Анализ данной проблемы на мировом уровне говорит о том, что во многих странах связь между национальной безопасностью и водной безопасностью в большей степени признается. Различные угрозы, направленные на ключевые водные сооружения могут серьезно подорвать национальную экономику и водную безопасность регионов и городов.

Принципы концепции водной безопасности ясно отражаются в интегрированном управлении водными ресурсами (ИУВР). ИУВР обеспечивает неотъемлемую и важную часть пути повышения водной безопасности.

Профессор Гуменюк А.М. (Национальный институт стратегических исследований) в своих работах отмечает, что в теоретико-методологическом плане до сих пор отсутствует четкий подход к созданию системы обеспечения экономической безопасности страны в целом, а на региональном уровне проблем еще больше (не определен минимальный информативный набор индикаторов, их пороговые значения, не решены методические вопросы организации мониторинга и принятия решений по предотвращению угроз экономической безопасности и т.д.) [5].

Говоря о водной безопасности, возникает ряд новых задач, которые требуют практически срочного решения в условиях назревающей глобальной водной безопасности будущего. Последующие исследования необходимо направить на разработку методологии оценки уровня водной безопасности в развитии региональной социально-экономической системы, определение ее места в экономической теории при условии набора эффективных индикаторов данной оценки. На основе международного опыта и современных методологий необходима разработка в Украине концепции водной безопасности в регионах и в последующем разработка механизма реализации мониторинга и регулирования водной безопасности с учетом вышеизложенных подходов к решению новых актуальных и жизненно важных водных проблем. На что и будут направлены последующие усилия авторов.

Список использованных источников

1 Водная безопасность: Применение концепции на практике / Илко ван Бик, Воутер Линклаен Арриенс. Перевод: Е. Абдраманова, под редакцией к.г.н. В. Соколова // Тематическая публикация Технического комитета № 20. Глобальное Водное Партнерство (GWP). – Ташкент: Секретариат GWP Центральная Азия и Кавказ, 2014. – 48 с.

2 Глобальные будущие тенденции 2030: альтернативные миры. Публикация Национального разведывательного совета США / перевод: Усманова О.К. – Ташкент: Научно-Информационный Центр МКВК, 2013. – 32 с.

3 Яценко Л.Д. Індикатори стану екологічної безпеки держави. Аналітична записка / Л.Д. Яценко, С.П. Іванюта, О.О. Мартюшева // Національний інститут стратегічних досліджень. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/articles/993/>

4 Report of World wide Fund for Nature. UK Water Footprint: The Impact of the UK's Food and Fibre Consumption on Global Water Resources. London: World wide Fund for Nature, 2008.

5 Гуменюк А.М. Безпека структурно-інституціональної трансформації економіки регіону: теоретичні основи та прикладні аспекти: монографія / А.М. Гуменюк. – К.: НІСД, 2014. – 468 с.

УДК 551.482 (476)

О.И. Процко, научный сотрудник

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов» г. Минск

СТОК ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ С УРБАНИЗИРОВАННЫХ УЧАСТКОВ БАССЕЙНА РЕКИ ЗАПАДНАЯ ДВИНА

Состояние водотоков в максимальной степени зависит от антропогенных нагрузок на водосбор. Их влияние прослеживается в форме физического, химического, бактериального загрязнения водных объектов.

Оценка качества воды и определение нагрузки загрязнения на реки бассейна Западной Двины необходимы для выявления масштабов загрязнения (изменения) водной среды; суммарного антропогенного воздействия, возможных путей снижения антропогенных нагрузок, что позволит в дальнейшем разработать программы действий, конкретных мероприятий, управленческих решений.

Поверхностный сток с селитебных территорий резко отличается от стока с естественных водосборов. Появление большого количества непроницаемых участков в виде застройки и асфальтированных дорог, а также трансформация почвы в результате строительства приводит к тому, что значительная часть внутрипочвенного и подземного стока переводится в поверхностную составляющую. С урбанизованных участков осуществляется сток талых, дождевых, поливо-моечных вод, сток с промышленных и строительных площадок. Степень их загрязнения определяется плотностью населения, интенсивностью движения автотранспорта, благоустроенностью поверхности. Источники загрязнения – аэрозоли, продукты разрушения дорожных покрытий, утечка топлива и горюче-смазочных материалов, продукты эрозии, несанкционированные свалки мусора, хранилища промышленных твердых отходов, примеси в составе атмосферных осадков [1]. Влияние сельских населенных пунктов на сток растворенных веществ рек осуществляется за счет смыва загрязняющих веществ с поверхностным стоком и путем фильтрации загрязнений из выгребов.

В средний по водности год с дождевым стоком с городских территорий в речную сеть Западной Двины поступает около 130–150 т взвешенных веществ, 0,20 тыс. т. нефтепродуктов. Наиболее загрязнен поверхностный сток с территории городов Витебск, Новополоцк, Полоцк, Верхнедвинск.

Одной из главных причин изменения химического состава речных вод является сброс промышленными предприятиями сточных вод, которые не удовлетворяют требования, предъявляемым к качеству отводимых вод. Состав производственных сточных вод зависит от отрасли промышленности, вида производства, используемого сырья, особенностей технологического процесса, наличия оборотных систем водообеспечения и локальных систем очистки. Физико-химические методы очистки стоков обеспечивают снижение концентрации органических веществ на 40%, взвесей, фенолов и нефтепродуктов – 90%, ионов тяжелых металлов – 95% .

Через городскую сеть в водные объекты кроме промышленных сбрасываются и хозяйственно-бытовые сточные воды, спуск которых влияет на содержание органических веществ, нитратов, нитритов, фосфатов, алюминия, хрома, СПАВ. После прохождения вод через сооружения биологической очистки концентрация СПАВ снижается на 75%, нефтепродуктов, меди и хрома – 80, фенолов – 90, никеля – 50, цинка – 70, азота – 30, фосфора – на 40%, концентрация хлоридных и сульфатных ионов не изменяется.

Стоки животноводческих комплексов являются одним из главных источников загрязнения поверхностных и подземных вод органическими веществами, соединениями азота, фосфора, калия, микроэлементами [1]. Степень влияния животноводческих ферм в полной мере отражается в динамике миграции азота аммонийного, вынос которого достигает 0,01–0,05 кг/сутки на одну условную голову скота. Большинство животноводческих предприятий расположены в водоохранной зоне и загрязненные стоки, минуя системы очистки, прямогоком попадают в водные объекты, как, например, в Браславском, Ушачском районах [3].

Сток с сельскохозяйственных угодий загрязнен в основном пестицидами, азотом, фосфором, калием и микроэлементами. Это сезонные источники нагрузки, действующие преимущественно от начала снеготаяния до прекращения поверхностного стока в осенний период. На балансовых участках между городами г. Полоцк – г. Новополоцк и г. Новополоцк – г. Верхнедвинск основным источником поступления загрязняющих веществ является смыв с сельскохозяйственных угодий. Практически по всем показателям на данных участках отмечается улучшение качества речной воды за счет процессов самоочищения.

Для анализа взяты створы с постами выше и ниже городов: р. Западная Двина – г. Витебск, р. Западная Двина – г. Полоцк, р. Западная Двина – г. Новополоцк, р. Улла – г. Чашники, р. Западная Двина – г. Верхнедвинск. Определение потоков химического вещества, формирующегося на урбанизированном участке, осуществлено с помощью расчетов, как разность массы вещества, проходящих через створы выше и ниже по течению от источников загрязнения – города.

Рассмотрим динамику поступления загрязняющих веществ с урбанизированных участков водотоков в реки бассейна Западная Двина. Общая тенденция динамики выноса главных ионов на протяжении 2001–2005 гг. направлена на увеличение. Из группы исследуемых загрязняющих веществ выделяется только динамика поступления натрия, направленная на снижение. Анализ поступления ионов натрия в речную сеть с урбанизированных территорий показал, что для створов расположенных у городов Витебск, Полоцк, Новополоцк, Верхнедвинск, тенденция изменения поступления вещества носит разнонаправленный характер. Следует отметить, что пункт наблюдения р. Западная Двина – в г. Верхнедвинск, который является замыкающим створом, в 2004 году по поступлению ионов натрия лидирует. Поступление натрия у г. Чашники имеет незначительные колебания (до 912 т/г). По некоторым створам в 2001–2005 гг. встречаются отрицательные значения. Это связано с тем, что процессы самоочищения на данном участке преобладали над процессами загрязнения водотока.

Для всех створов, расположенных по магистральной реке, характерна разнонаправленная тенденция изменения динамики привноса ионов хлора, а для створа на р. Улла – постоянный стабильный рост. Максимальный привнос в створе р. Западная Двина – г. Витебск. Здесь динамика поступления ионов хлора была нестабильной: в 2001–2003 гг. наблюдался рост, а в 2003–2005 гг. – спад (рисунок 1 А). Схожая тенденция в створе у г. Новополоцка. Поступление, характерное для створа в г. Полоцке, имеет обратно пропорциональные значения: в 2003 году минимум (-2575 т/г) и максимум в 2004 году (5392 т/г),

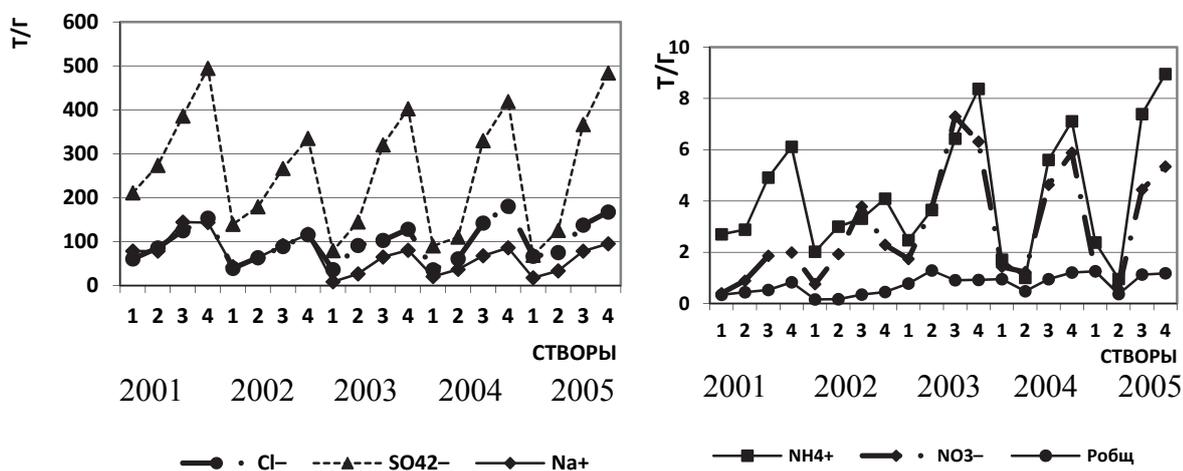
а затем тенденция к уменьшению. На территории участка р. Западная Двина г. Верхнедвинск в 2001–2004 гг. значения изменялись с максимума (7493 т/г) до минимума (-13 т/г), к 2005 г показатель поднялся почти до максимального значения.

Установлена зависимость между выносом химических веществ с урбанизированных территорий и их площадью. В наибольшей степени от площади населенного пункта зависит вынос ионов хлора и натрия. Одной из причин является применение зимой противогололедных смесей, содержащих натрий и хлор, которые, не участвуя в биохимическом окислении, осаждении и других процессах самоочищения, практически полностью попадает в водотоки с поверхностным смывом [1].

Поступление сульфатов с водосборов р. Западная Двина. Для всех створов за рассматриваемый период 2001–2005 гг. характерна примерно одинаковая направленность (рисунок 1 А). Максимум приходится на 2003 год в створе р. Западная Двина г. Новополоцк, а минимум в 2001 году в створе р. Западная Двина в г. Полоцк. В створе г. Верхнедвинска поступление имеет резкую тенденцию к изменению (2002–2004 гг. 22993 т/г до -15324 т/г).

Проанализировав динамику выноса суммы главных ионов с территории водотоков урбанизированных центров, в 2001–2003 гг. однонаправленными являются показатели поступления загрязняющих веществ в створах р. Западная Двина г. Полоцк и г. Верхнедвинск, значения которых изменяются в сторону возрастания, а затем в сторону уменьшения. В 2004–2005 гг. тенденция другая: в створе г. Верхнедвинска значение стока вещества снижается до минимума (-122770 т/г), а в створе г. Полоцка происходит увеличение поступления суммы главных ионов (112767 т/г). Необходимо отметить, что максимум за рассматриваемый период наблюдается в 2002 году (146955 т/г) в створе р. Западная Двина г. Верхнедвинск, минимум в этом же створе но в 2005 году (-122770 т/г).

Анализ динамики удельного выноса биогенных веществ реками бассейна Западной Двины позволил выявить следующие закономерности. В верхнем течении Западной Двины (в створе выше г. Витебска), а также на притоках Улла и Оболь, наблюдалось снижение выноса биогенов речным стоком с трендом к его стабилизации. Ниже по течению (в створах г. Полоцк и г. Верхнедвинск) зафиксировано снижение выноса биогенов к 2003 году, с последующей тенденцией к увеличению (рисунок 1 Б).



1 – выше г. Сураж; 2 – ниже г. Витебск; 3 – ниже г. Новополоцк; 4 – ниже г. Верхнедвинск
 А Б

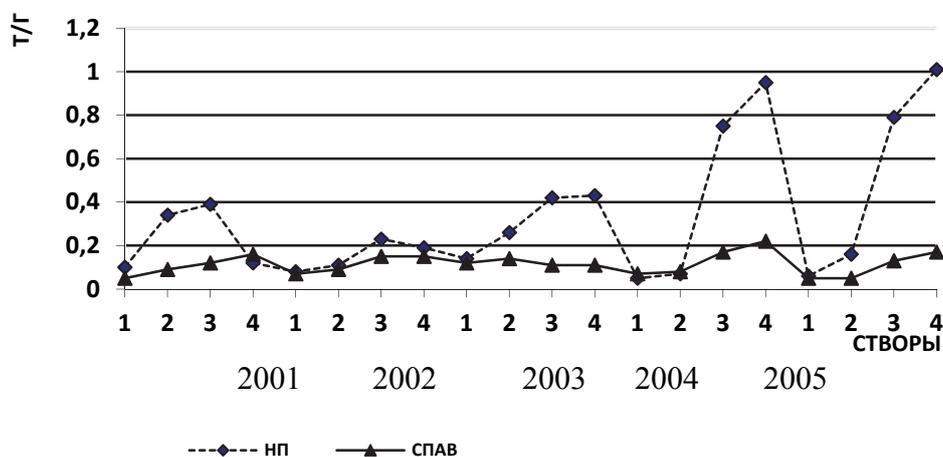
Рисунок 1 – Динамика поступления главных ионов (А) и биогенных веществ (Б) с урбанизированных участков бассейна рек бассейна Западной Двины.

Повышенный вынос азота аммонийного речным стоком в большинстве створов пришелся на 2001 год. Максимальный вынос азота аммонийного зарегистрирован в 2004 году в створе р. Полота – г. Полоцк (214,2 кг/км²), минимальный – в 2001 году (119,9 кг/км²). В динамике выноса азота нитратного речным стоком выявлен рост с 2001 по 2003 гг. с последующим снижением. Так, в створе ниже г. Полоцка после поступления максимального

количества азота нитратного в 2003 году ($133,7 \text{ кг/км}^2$), в последующие годы наблюдалось снижение показателей до $73,7 \text{ кг/км}^2$. Минимальный сток фосфора общего отмечен в большинстве створов в 2002 году. Например, в створе ниже г. Витебска в 2002 году годовое значение выноса опускается до отметки $6,2 \text{ кг/км}^2$. Максимальное значение – в 2003 году – $38,8 \text{ кг/км}^2$ [3].

Рассмотрим тенденцию изменения поступления загрязняющих веществ (нефтепродуктов и СПАВ) в речную сеть (рисунок 2). Динамика поступления и изменение количества выносимых нефтепродуктов по створам в г. Витебска, г. Новополоцка, г. Чашники, г. Верхнедвинск имеет направление в сторону увеличения за период 2001–2005 г. В створе г. Витебска зарегистрирован максимум в 2001 году ($137,5 \text{ т/г}$). В створе р. Западная Двина г. Полоцк динамика поступления вещества направлена в сторону уменьшения $78,8 \text{ т/г}$ (в 2002 г.) – -342 т/г (2005 г.).

Максимальный привнос СПАВ характерен для створа г. Верхнедвинск, где отмечено максимальное поступление в 2003 году (33 т/г). Для всех створов самым показательным является 2003 год, т. к. в нем зафиксированы все максимальные значения (рисунок 2). Створы г. Витебска, г. Полоцка имеют в 2001–2003 гг. тенденцию к росту, а затем к постепенному уменьшению.



1-выше г. Сураж; 2-ниже г. Витебск; 3-ниже г. Новополоцк; 4-ниже г. Верхнедвинск

Рисунок 2 – Динамика поступления СПАВ и нефтепродукты с урбанизированных участков бассейна рек бассейна Западной Двины.

Отличается изменение стока веществ в створе г. Новополоцк. В некоторые годы наблюдается изменение поступления загрязняющих веществ до отрицательных значений ($-7,9 \text{ т/г}$). Минимальное значение по всем створам наблюдается в 2005 году (-32 т/г). Это может быть обусловлено перемешиванием вод за счет боковой приточности.

Таким образом, анализ данных за рассматриваемый период показал, что выделяется 2003 год, когда фиксируется наибольший вынос загрязняющих веществ, что объясняется природными факторами – водностью рек бассейна Западной Двины. На основании проведенных исследований, можно заключить, что на различных урбанизированных участках водосбора происходит преимущественный вынос того или иного вещества: хлоридов и сульфатов – с участка у г. Новополоцк, ионов натрия и сумма главных ионов в целом – с участка у г. Верхнедвинск, азот аммонийный – с участка у г. Витебск, азот нитратный – с участка у г. Новополоцк, фосфор общий и нефтепродукты – с участка у г. Витебск, СПАВ – с участка у г. Верхнедвинск [2]. В этих створах наблюдаются только положительные значения, что свидетельствует о многократном доминировании процессов загрязнения в реке (поступление загрязняющих веществ) над процессами самоочистки водотока. Большая часть загрязняющих веществ, поступающая с урбанизированных участков в речную сеть транзитом переносится водной массой вниз по течению и накапливается.

Относительно «чистым» по большинству показателей является участок между верхним и нижним створами г. Витебска: он характеризуется привнесением преимущественно ионов хлора, азота аммонийного, фосфора, СПАВ, нефтепродуктов за счет поверхностного смыва и городских сточных вод, которых ежегодно сбрасывается 38–41 млн. м³, что составляет почти треть отводимых в бассейне сточных вод. Наиболее «грязным» является участок реки от г. Полоцка до г. Верхнедвинска, в особенности в нижнем створе г. Новополоцка, где наблюдается увеличение нагрузки по «ионам-поллютантам» – Cl⁻, SO₄²⁻, Na⁺, а также NH₄⁺, NO₃⁻ и нефтепродуктам.

Главными точечными источниками загрязнения здесь служат нефтеперерабатывающий завод «Нафтан», предприятие нефтехимической отрасли «Полимир», завод белково-витаминных концентратов, Новополоцкая ТЭЦ. Следует отметить, что значительную роль в формировании высоких показателей выноса играет не только поступление загрязняющих веществ в составе промышленных и коммунальных стоков или привнесение с боковой приточностью в пределах городов (в г. Полоцке – р. Полота, в г. Новополоцке – р. Ушача), но и расположение мест сброса сточных вод непосредственно перед пунктами контроля за качеством воды [2].

Превышения по показателям над природным фоном дают возможность определить антропогенную составляющую в речной воде. Для оценки антропогенной составляющей необходимы данные по валовому и удельному выносу загрязняющих веществ речным стоком в бассейне Западной Двины и динамики их изменения (таблица 1). Доказано, что изменение величины антропогенной составляющей по длине магистральной реки Западная Двина отражает степень воздействия источников загрязнения и способность водотока к самоочищению. Оценка антропогенной составляющей стока позволила установить, что ее величина служит индикатором гидрохимической обстановки, отражающим степень техногенного воздействия. Антропогенный вынос обусловлен интенсивным промышленным водоотведением, сбросом с животноводческих комплексов и химизацией сельского хозяйства. Оценена роль диффузных и урбанизированных территорий в формировании техногенных геохимических потоков в водной среде. Доминирующее значение принадлежит диффузным источникам. Доказано агрохозяйственное влияние на водосбор. Степень освоенности водосборов определенно сказывается на составе выносимых биогенных элементов.

Проведение оценок экологического состояния рек и их водосборов требует дальнейшей разработки и уточнения. Но даже предварительные результаты позволяют сделать вывод о необходимости снижения уровня антропогенных нагрузок и о необходимости узаконить статус санитарных зон для рек. Улучшение качества вод водотоков требует также повышения экологической грамотности населения, проживающего на территории водосбора, и соблюдения научно обоснованных норм антропогенных нагрузок по различным видам природопользования.

Как показали исследования, степень и характер антропогенного использования водосборов малых рек достигли критического уровня и требуют корректировки, а именно: задержание распашки территории до уреза воды, создание небольших лесополос в прирусловой части рек; расчистка и углубление русел рек, засорившихся ключей и родников; удаление и утилизация мусора; обваловка берегов на опасных участках, создание сборников стоков, лесомелиорация. Улучшение качества воды в бассейне р. Западная Двина в пределах Беларуси может быть достигнуто за счет снижения загрязнения речных вод поступающих в республику (осуществление водоохраных мероприятий на водосборной площади России), внедрение оборотных систем водоснабжения, интенсификации систем очистки коммунальных и промышленных сточных вод (Новополоцк, Витебск, Шарковщина, Лепель), локальные очистки и повторное использование стоков животноводческих комплексов, внедрение прогрессивных технологий внесения удобрений и пестицидов, проведение противозерозионных и агротехнических мероприятий, создание буферных зон и зон санитарной охраны, очистка ливневых вод в городах и населенных пунктах.

Таблица 1 – Антропогенная составляющая выноса бассейна рек Западной Двины

| Название створа | Год | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Σ _и | Na ⁺ | NH ₄ ⁺ | NO ₃ ⁻ | P _{общ} | НП | СПАВ | NH ₄ ⁺ |
|-----------------------------------|------|-----------------|-------------------------------|----------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|------------------|--------|------|------------------------------|
| р. Западная Двина г. Витебск | 2001 | 2750 | 2750 | -16500 | -9625 | -687 | -412 | 27,5 | 137,5 | 0,0 | - |
| р. Западная Двина г. Полоцк | | 2952 | -23614 | -59035 | -17711 | -295 | 492 | 59,0 | -98,4 | 0,0 | - |
| р. Западная Двина г. Новополоцк | | 984 | 12791 | 22630 | -984 | -394 | 886 | -39,4 | 98,4 | 19,7 | - |
| р. Западная Двина г. Верхнедвинск | | 7493 | 8742 | -33718 | -22479 | 375 | 0 | -112,4 | -124,9 | 12,5 | - |
| р. Улла г. Чашники | | -510 | 764 | -5415 | -1847 | -13 | 51 | 0,6 | 6,4 | 0,0 | - |
| р. Западная Двина г. Витебск | 2002 | 4541 | 7947 | -13056 | 10218 | 624 | 227 | -11,4 | 0 | 0,0 | 11,4 |
| р. Западная Двина г. Полоцк | | 1577 | 18133 | 26806 | 8672 | 0 | 473 | -7,9 | 0 | 78,8 | 0,0 |
| р. Западная Двина г. Новополоцк | | 5519 | 14191 | -45727 | 14191 | 237 | 1104 | 31,5 | 0 | 78,8 | -7,9 |
| р. Западная Двина г. Верхнедвинск | | 6998 | 22993 | 146955 | 16995 | 500 | 200 | -20,0 | 0 | 0,0 | -10,0 |
| р. Улла г. Чашники | | -120 | 422 | 241 | -181 | -42 | -18 | 0,0 | 0 | 0,0 | -0,6 |
| р. Западная Двина г. Витебск | 2003 | 9139 | 20237 | 80947 | 0 | 1110 | 588 | 255 | 0 | 65 | 20 |
| р. Западная Двина г. Полоцк | | -2573 | 9436 | -9436 | -1716 | -86 | -772 | 34 | 0 | 0 | 26 |
| р. Западная Двина г. Новополоцк | | 6862 | 26591 | 37742 | 6862 | 858 | 1201 | 77 | 0 | 86 | 17 |
| р. Западная Двина г. Верхнедвинск | | 4352 | 19584 | 38080 | -4352 | 326 | -1088 | -22 | 0 | 0 | 33 |
| р. Улла г. Чашники | | 107 | 1461 | 5167 | 1675 | 25 | 75 | 29 | 0 | 4 | 0 |
| р. Западная Двина г. Витебск | 2004 | 6173 | -8487 | 32407 | 2315 | 77 | 0 | 23 | 77 | 8 | - |
| р. Западная Двина г. Полоцк | | 5392 | 4313 | -17253 | -2157 | 755 | 431 | 97 | -108 | 11 | - |
| р. Западная Двина г. Новополоцк | | 2157 | 7548 | 84109 | 5392 | -108 | -216 | 75 | 0 | 11 | - |
| р. Западная Двина г. Верхнедвинск | | -113 | -15324 | 21176 | 2685 | 269 | -551 | 68 | -1 | 27 | - |
| р. Улла г. Чашники | | 912 | 456 | 10032 | 1173 | 7 | 13 | 24 | -7 | -1 | - |
| р. Западная Двина г. Витебск | 2005 | 0 | -4005 | 19224 | 0 | 80 | -80 | -24 | 0 | 80 | -32 |
| р. Западная Двина г. Полоцк | | -1138 | 15938 | 112707 | -5692 | -228 | 342 | 137 | 0 | -342 | 23 |
| р. Западная Двина г. Новополоцк | | 11384 | 17077 | -84245 | 0 | 228 | 569 | 57 | 0 | 0 | 11 |
| р. Западная Двина г. Верхнедвинск | | 7222 | 17332 | -122770 | -10110 | 0 | 144 | -130 | 0 | 0 | 14 |
| р. Улла г. Чашники | | 499 | 1354 | 4276 | 285 | -7 | 7 | 11 | 0 | -7 | 5 |

Список использованных источников

1 Кольмакова Е. Г. Антропогенные изменения стока растворенных веществ рек бассейна Немана (в пределах Беларуси): автореф. дис. канд. геогр. наук: 10.01.05 / Кольмакова, БГУ – Мн.: 2005. – 21 с.

2 Кольмакова Е. Г., Маслова О. И. Динамика трансграничного переноса загрязняющих веществ в бассейне Западной Двины // Вестник БГУ. Сер. 2. Химия, Биология, География. – 2008. – № 2. – С. 97–100.

3 Кольмакова О.И. и др. Биогенный сток рек бассейна Западной Двины как показатель агрохозяйственного освоения водосборов/ Кольмакова Е.Г.; Маслова О.И.; Гриб С.В.// Вучоныя запіскі Брэсцкага ўніверсітэта. – 2011. – вып. 7, ч. 2. – с. 79–88.

УДК 556.5

Н.С. Ясинский, гидролог
ООО «НПЦ «МэпМейкер», г. Москва

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОПЕРАТИВНОМУ РАСЧЕТУ РЕЧНОГО СТОКА В СИСТЕМЕ GISMETEO.HYDRO

Автоматизированное рабочее место гидролога-прогнозиста GISMETEO.HYDRO предназначено для оперативной обработки гидрологической информации и прогнозирования стока. Это мощный, гибкий и современный инструмент, способный полностью автоматизировать работу гидролога-прогнозиста.

Система решает следующие задачи гидрологических подразделений:

- Мониторинг состояния рек и водохранилищ, систематизация данных гидрологических наблюдений, ведение гидрологических журналов
- Оперативные расчеты расхода воды и притока в водохранилище, прогнозы времени наступления гидрологических явлений
- Консультации и справки о режиме водных объектов для различных отраслей хозяйства

Необходимость усовершенствования прежней версии АРМ гидролога-прогнозиста возникла ввиду разнонаправленной модернизации системы наблюдений Росгидромета, состоящей в обновлении оборудования, введении в эксплуатацию автоматических гидрологических постов, созданию новых каналов передачи информации. Новое оборудование предполагает новые форматы данных, реорганизация потоков информации и рост потока данных требует усовершенствования и реструктуризации баз данных. Введение новых нормативных документов для оперативного расчета стока требует пересмотра алгоритмов и расширение функционала программ.

В ходе нашей работы мы сделали следующие улучшения системы АРМ гидролога-прогнозиста:

- реализовано усвоение учащённых автоматических измерений уровня воды поступающих с автоматизированных гидрологических постов
- реализован расчёт оперативных расходов по кривым $Q = f(H)$ с учётом последних рекомендаций Государственного гидрологического института
- добавлена функция прогноза притока воды в водохранилище
- полностью переработан пользовательский интерфейс программы
- добавлен полный комплексный график с современным адаптивным дизайном
- обновлена функция формирования отчетных таблиц и экранных форм в соответствии с нормативными документами
- реализован обмен данными с другими программными продуктами, используемыми для наблюдений за стоком и вывод данных на печать
- введена система задач для автоматизации ежедневной работы специалиста

Общее описание программного комплекса. Программный комплекс GISMETEO.HYDRO включает серверную часть, предназначенную для сбора и обработки информации, поступающей в оперативном режиме, и клиентскую часть для анализа данных и управления работой комплекса, а также использует гидрологическую базу данных в специализированном формате Гисметео. Данные АГП, поступающие из разных источников, проходят контроль и сводятся в единую базу данных.

В главном окне программы представлены сведения и оперативная информация по текущему гидрологическому посту, масштабируемый комплексный график (см. рисунок 1) и график кривой $Q = f(H)$, по которой в данный момент производится оперативный расчет[2]. Гибкая настройка графиков позволяет отображать ход гидрологических показателей с любой необходимой дискретностью, что особенно важно для отображения данных учащённых наблюдений АГП. По сравнению с прошлыми версиями повышена читаемость графиков, реализован адаптивный дизайн, добавлены новые элементы, в частности ледовая линейка.

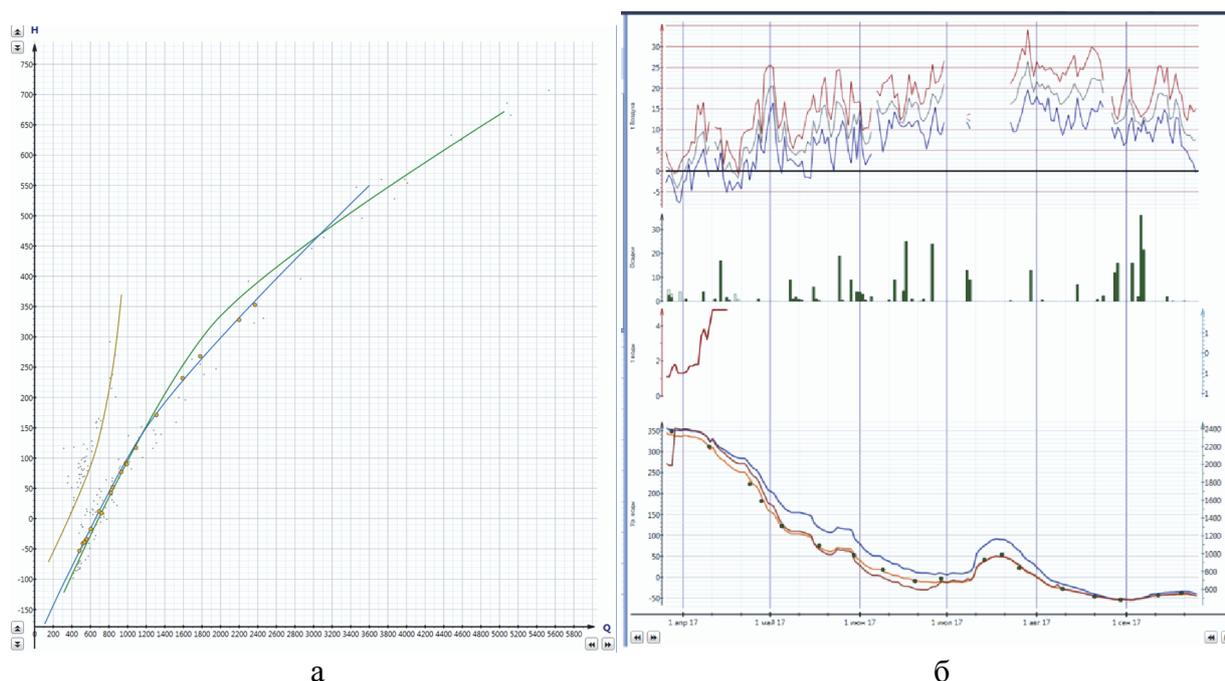


Рисунок 1 – Комплексный график (а) и кривые $Q = f(H)$ (б) в интерфейсе GISMETEO.HYDRO

Программа позволяет создать рабочий список постов, выбрать метеорологические станции, настроить другие параметры. Режим комплексного графика может быть переключен на режим графика сопряженных постов, где отображается ход гидрологических показателей для группы постов, расположенных выше по течению. В таблицах отображаются оперативные данные об уровне воды, оперативном расходе воды, температуре воздуха и осадках, измеренных расходах воды. В главном окне также отображается список текущих задач гидролога.

В специальном разделе программы реализована среда для анализа и создания кривых $Q = f(H)$ (см. рисунок 2). По данным архивных наблюдений, находящихся в базе данных Гисметео, кривая может быть построена как методами математической аппроксимации, включая построение кривой Глушкова, полиномиальную аппроксимацию и кусочно-полиномиальную аппроксимацию [1], так и вручную с помощью наглядного графического инструмента. Создаваемая или редактируемая кривая содержится в списке кривых поста и могут быть выбраны в качестве текущей для оперативного расчета.

Также в системе присутствует раздел для настройки параметров оперативного расчета в зависимости от фазы водного режима и особенностей реки.

Оперативный расчет стока в программном комплексе GISMETEO.HYDRO. Задача оперативного расчета стока сводится к определению расхода воды на основе поступившего уровня воды, измеренного на гидрологическом посту. Кривая связи расходов и уровней может быть однозначной, то есть значение отклонения измеренного расхода от кривой не выходит за рамки доверительного интервала среднеквадратического значения рассеяния многолетней связи расходов и уровней, и тогда расход определяется по кривой, а новые измеренные расходы служат для контроля её однозначности. В случае, если кривая неоднозначна, требуется рассчитать поправку на расход, рассчитанный по кривой, и к этому сводятся методы оперативного расчета расходов при неоднозначности кривой $Q = f(H)$.

Основные методы расчета включают метод оптимальной экстраполяции, который позволяет рассчитать оперативный расход, основываясь на двух или одном из последних измеренных расходов, либо с использованием автокорреляции отклонений измеренных расходов от кривой $Q=f(H)$ за весь период наблюдений на посту. Автокорреляционная функция строится отдельно для лет разной водности. Эти методы применяются при открытом русле. Параметры расчета и график автокорреляционной функции помещены в разделе Комплекса, посвященном подготовке к новому гидрологическому сезону.

В переходные весенний и осенний периоды, когда причиной отклонения от кривой расходов являются ледовые явления, ранее в гидрологической практике применялись $K_{зим}$ [2], вычисляемые как отклонение измеренных расходов от расходов по кривой и отображаемые на комплексном графике. В нашем Комплексе применяется более современный метод расчета, рекомендованный ГГИ[1], основанный на накоплении соответственно положительных или отрицательных температур воздуха, определяющих замерзание или стаивание ледяных образований. Коэффициенты уравнений рассчитываются по данным прошлых лет в специальном разделе Комплекса.

В осенний переходный период спад уровней также может определяться по формуле Буссинеска, основанной на решении дифференциального уравнения фильтрации подземных вод. Используемая в формуле константа истощения малоизменчива для различных водосборов и может быть получена обратным пересчетом по данным прошлых лет. Этот метод и определение его параметров также реализованы в нашем Комплексе.

Ещё одной проблемой при оперативном расчете стока является зарастание русла. Вместо принятых ранее $K_{зар}$, в Комплексе используется подход, основанный на построении косинусоидальной автокорреляционной функции отклонений расходов от кривой $Q=f(H)$.

В Комплексе реализован прогноз или точнее говоря оперативный расчет притока воды в водохранилище. При поступлении нового уровня воды, относящегося к одному из постов, расположенных на притоках водохранилища, производится расчет по формуле притока, принятой для данного водохранилища и редактируемой в специальном разделе Комплекса. При поступлении нового измеренного расхода производится коррекция рассчитанного притока с учетом этого расхода. Также рассчитываются ежедекадные и ежемесячные значения притока воды в водохранилище.

Данные в работе Комплекса. Данные, поступающие из внешних источников, накапливаются в базе данных и используются в оперативном расчете. Данные могут быть также загружены вручную, например, в формате CSV. Это касается и координат кривых $Q=f(H)$, которые могут быть загружены из файла или внесены вручную в таблицу. Импорт данных организован так, чтобы обеспечить наилучшую совместимость комплекса с другими программами, применяемыми при оперативном учете стока, такими как РЕКИ-РЕЖИМ, ГВК-Озера и т.д.

Любые данные в табличном виде и графики, отображаемые в окнах Комплекса могут быть выведены на печать. Кроме того в программе присутствует раздел меню для печати таблиц из экранных форм для оперативного учета стока в соответствии с новыми нормативными документами.

Интерактивная система задач. В работе гидролога-прогнозиста необходим постоянный контроль и оперативность внесения исправлений, обработки информации и её доставки до потребителя. В Комплексе GISMETEO.HYDRO реализована уникальная система интерактивных

задач, где каждое гидрологическое событие формирует отдельную задачу, которая может быть развернута в отдельном окне и предполагает различные способы взаимодействия гидролога с программой. Такой подход полностью исключает пропуски данных и ошибки, возникающие по причине невнимательности. В задачах в том числе возможна коррекция данных, переход к формированию телеграммы[4] и любые другие возможности, которые предполагает то или иное событие на гидрологическом посту.

Работа над Комплексом в настоящее время продолжается, функционал расширяется в сторону универсальности применения Комплекса как в подразделениях Росгидромета, так и на предприятиях различного профиля. Комплекс соответствует международным стандартам и нормативным документам Всемирной метеорологической организации. Планируется разработка интерфейса на английском языке и адаптация программы к форматам данных, принятых в других странах.

Список использованных источников

1 Методы оперативной обработки гидрологических данных наблюдений за уровнями и расходами воды и оперативного учета стока. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). СПб. *Документ подготовлен к печати.*

2 Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 6. Гидрологические наблюдения и работы на речных станциях и постах. Часть I. Гидрологические наблюдения на больших и средних реках. Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 384 с.

3 Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6, ч. III. Составление и подготовка к печати гидрологического ежегодника. – Л., Гидрометеиздат, 1958. – 292 с.

4 Код для передачи данных гидрологических наблюдений на реках, озерах и водохранилищах КН-15. Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 36 с.

**ТРАНСГРАНИЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО
В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ТРАНСГРАНИЧНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

- Председатель Снежана Анатольевна Дубенок, к.т.н., заместитель директора по научной работе РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов»
- Зам. председателя Людмила Анатольевна Шибека, доцент кафедры промышленной экологии, канд. хим. наук, доцент
- Секретарь Илья Николаевич Кузнецов, старший преподаватель кафедры биотехнологии и биоэкологии, канд. техн. наук

С.А. Кузнецов

Совместный технический секретариат Программы трансграничного сотрудничества Польша-Беларусь-Украина 2014-2020, Центр европейских проектов, г. Варшава, Польша

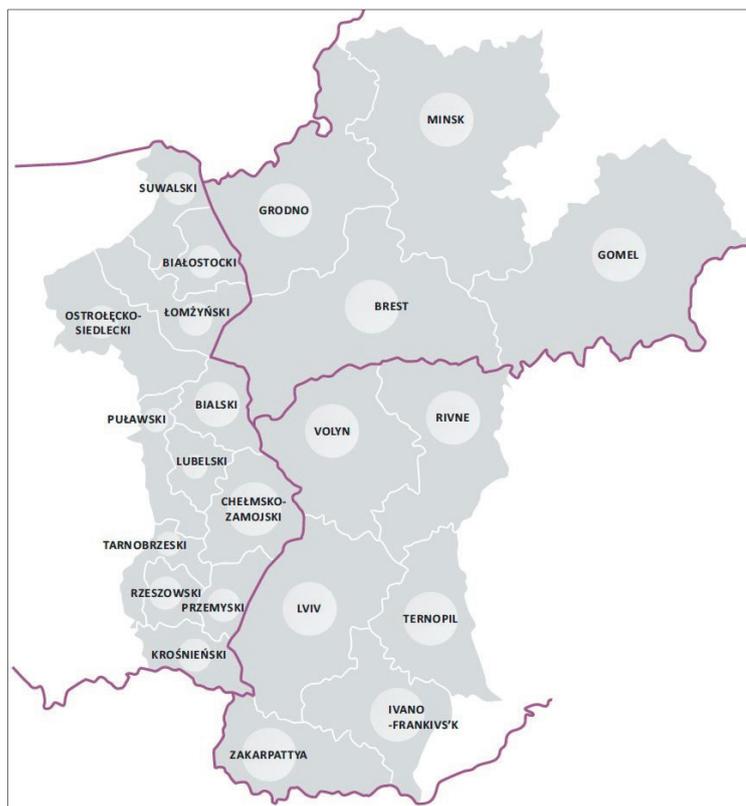
ВОЗМОЖНОСТИ СОТРУДНИЧЕСТВА В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАНСГРАНИЧНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ПРИМЕРЕ ПРОГРАММЫ ТРАНСГРАНИЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА ПОЛЬША-БЕЛАРУСЬ-УКРАИНА

Сотрудничество приграничных регионов Польши, Беларуси и Украины в трехстороннем формате в рамках инициатив, финансируемых Европейским союзом, берет свое начало в 2004 году, и связано с реализацией Программы Добрососедства Польша-Беларусь-Украина INTERREG IIIA/TACIS CBC 2004–2006.

До этого времени проекты, финансируемые ЕС в этих странах, управлялись в рамках двух разных финансовых инструментов. В восточных регионах Польши основным инструментом по поддержке инициатив, содержащих трансграничный элемент, являлась программа PHARE (англ. *Poland and Hungary: Assistance for Restructuring their Economies*). Техническая помощь ЕС для Беларуси и Украины осуществлялась, в свою очередь, в рамках Программы TACIS CBC (англ. *Technical Assistance for the Commonwealth of Independent States - Cross Border Cooperation*).

Программа трансграничного сотрудничества Польша-Беларусь-Украина 2007-2013, созданная в рамках Европейского инструмента соседства и партнерства (ЕИСП), продолжила развитие направлений трехстороннего сотрудничества, заложенных в рамках Программы Добрососедства.

В настоящее время трехсторонний формат сотрудничества приграничных регионов Польши, Беларуси и Украины развивается в рамках Программы трансграничного сотрудничества Польша-Беларусь-Украина 2014-2020, утвержденной в рамках Европейского инструмента соседства (ЕИС).



Как Программа ЕИСП 2007-2013, так и Программа ЕИС 2014-2020 представляют широкие возможности для финансовой поддержки инициатив, связанной с охраной окружающей среды, в том числе и водных объектов. Вместе с тем поддержка инициатив по развитию транспорта, туризма, информационных технологий открывают широкие возможности по устойчивому использованию и охране природных объектов.

Говоря о территории действия обеих Программ, следует подчеркнуть, что если относительно Республики Польша речь действительно идет о приграничных территориях, к которым Программа относит Подляское, Люблинское, Подкарпатское и восточную часть Мазовецкого воеводств, то Республика Беларусь представлена в Программах большей частью своей территории. Территория действия Программ не распространяется лишь на Витебскую и Могилевскую области, как наиболее отдаленные от белорусско-польской границы регионы. Внутри территории Программ существует также деление на основную и прилегающую территории. Такая классификация имела большее значение при реализации проектов в рамках Программы ЕИСП 2007-2013, поскольку на прилегающих территориях не допускалось финансирование инфраструктурных проектов. В связи с последующей отменой данного требования ограничения для прилегающей территории перестали иметь значение для потенциального заявителя.

Основным направлением Программы ЕИСП 2007-2013, в рамках которого была возможна поддержка инициатив по охране водных объектов, являлся программный приоритет «Повышение качества жизни», а именно его мероприятие «Защита окружающей среды на приграничной территории». Целью мероприятия была объявлена защита и повышение качества природной среды. Данная цель опиралась на понимание того, что повышение качества природной среды ведет к повышению уровня жизни населения, а также туристической и инвестиционной привлекательности. Достижение цели ожидалось, главным образом, благодаря инвестированию в экологическую инфраструктуру на региональном или местном уровнях, а также благодаря укреплению трансграничного сотрудничества в области защиты окружающей среды [1].

Основными направлениями деятельности, которые ожидалось в рамках данного программного мероприятия, являлись:

- улучшение систем переработки твердых отходов и очистки сточных вод;
- мониторинг экологического состояния окружающей среды и предупреждение экологических угроз;
- сокращение загрязнений и предотвращение их перемещения по трансграничным территориям;
- разработка и применение совместных действий в сфере управления экологическими чрезвычайными ситуациями;
- предложения по развитию и модернизации уже существующих систем предотвращения и управления экологическими чрезвычайными ситуациями;
- проекты по применению энергосберегающих технологий и расширению опыта использования возобновляемых энергоресурсов;
- улучшение трансграничного сотрудничества в области охраны окружающей среды и управления речными бассейнами [1].

Таким образом, как показывает приведенный перечень, большинство из заявленных направлений имело прямое либо косвенное отношение к охране водных объектов. Часть таких инициатив была профинансирована в рамках Программы.

Ярким примером такой инициативы, направленной на охрану водных ресурсов, поддержанной в Программе ЕИСП 2007-2013, является проект «Развитие трансграничной системы очистки сточных вод в бассейне реки Западный Буг». Проект выполнялся в 2013-2015 годах в партнерстве местных властей города Гайновка (Подляское воеводство Польши), коммунального унитарного предприятия "Каменецкое ЖКХ" (г. Каменец, Брестская область) и Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси (г. Брест). При общем бюджете проекта 3,9 миллионов евро софинансирование Программы составило 3,5 миллиона.

Особенность данного проекта заключается в том, что запланированные инфраструктурные мероприятия в обеих странах касались небольшой реки Лесная (в Польше – ее при-

тока Лесная Правая). Бассейн реки Лесная интересен своей географией –Лесная Правая начинает свое течение на территории Республики Польша, позже протекает по территории Беларуси (в том числе вблизи г. Каменец, где после слияния с Леснойлевой образует реку Лесная), позже р. Лесная впадает в р. Буг, который в свою очередь является одной из основных рек Восточной Польши.

В рамках инфраструктурного компонента проекта в г. Гайновка были проведены работы по расширению системы ливневой канализации, а также по расширению и переоснащению городских очистных сооружений, сброс с которых осуществлялся в р. Лесная Правая. На белорусской стороне в рамках проекта была выполнена первая очередь работ по постройке новых очистных сооружений для канализационных вод г. Каменец, что позволило этому городу отказаться от использования полей фильтрации.

В рамках «мягких» (т.е. неинфраструктурных) мероприятий проекта была проведена кампания «Сохраняй воду», направленная на развитие экологического сознания населения приграничных территорий. С участием белорусских и польских ученых, экологов и работников сферы коммунального хозяйства была проведена конференция «Современные проблемы очистки вод и охраны ресурсов поверхностных вод в приграничье», в рамках конференции было подписано соглашение о чистоте вод реки Западный Буг, были установлены нормативы экологического контроля в отношении состояния реки Лесная в Беларуси и реки Лесная Правая в Польше, которые являются приемниками сточных вод с очистных сооружений, строительство и модернизация которых предусматривались проектом [5].

Если же перейти от проектов по охране к проектам по использованию водных объектов, Программа ЕИСП 2007-2013 предоставляла широкие возможности по финансированию таких инициатив в рамках различных приоритетов и мероприятий.

Одним из таких являлось программное мероприятие «Улучшение доступа в регионы» в рамках приоритета «Повышение конкурентоспособности приграничной территории». В рамках данного мероприятия финансировались инициативы, направленные на повышение качества и доступности социальной и экономической инфраструктуры, сфокусированной на транспорте, энергетике, логистических системах, транспортной безопасности и поставках воды [1].

Одним из предполагаемых действий Программа называла подготовку и применение технико-экономических обоснований для развития транспортных систем.



Примечательным примером инициативы, поддержанной Программой ЕИСП 2007-2013 в рамках данного программного мероприятия, стал проект «Восстановление магистрального

водного пути Е-40 на участке Днепр-Висла: от стратегии к планированию». Проект выполнялся в 2013-2015 гг. в партнерстве, состоящим из региональных властей Люблинского воеводства Польши, Брестской области Беларуси и Волынской области Украины, общественных организаций трех стран. Ведущим партнером проекта выступало Республиканское унитарное предприятие «Днепро-Бугский водный путь» (г. Пинск Брестской области).

Целью проекта, полностью состоящего из «мягких» мероприятий, было заявлено повышение экономической привлекательности и транспортной доступности приграничных регионов Польши, Беларуси и Украины путем подготовки технико-экономического обоснования восстановления магистрального водного пути Е-40 и заложения основ для реализации данного обоснования на следующих этапах («Планирование» и «Строительство») [4].

Изучение возможности восстановления судоходства на польском участке водного пути, и тем самым задействование Днепро-Бугского водного пути на территории Беларуси являлось основной идеей проекта.

В процессе реализации проекта была создана трансграничная Комиссия по вопросам развития воднотранспортного соединения Е-40 с участием представителей областных властей, министерств, научно-исследовательских институтов, транспортных и логистических предприятий и природоохранных организаций Польши, Беларуси и Украины [4].

Консорциум во главе с Морским институтом в Гданьске разработал подробное технико-экономическое обоснование восстановления воднотранспортного соединения Е-40. Примечательно, что при разработке обоснования был отброшен вариант использования течения реки Буг по польской территории. Это в первую очередь было связано с тем, что часть течения Буга является особой природоохранной территорией NATURA 2000. В качестве решения было предложено создание нового канала на севере Люблинского воеводства, который соединил бы Днепро-Бугский канал с Вислой южнее Варшавы.

Одной из целей проекта было привлечение широкой общественности и специалистов к приоритетному варианту восстановления воднотранспортного соединения Е-40 на региональном, национальном и европейском уровнях [4]. Судя по широкому резонансу в средствах массовой информации, голосам как в поддержку, так и против восстановления водного пути, цель привлечь внимания к проблематике была достигнута в полной мере.

В реализуемой в настоящее время Программе ЕИС 2014-2020 приоритеты и мероприятия (в новой терминологии – тематические цели и приоритеты, соответственно) претерпели по сравнению с предыдущей Программой существенные изменения. Программа ЕИС 2014-2020 содержит четыре тематические цели: «Наследие», «Доступность», «Безопасность» и «Границы» [2].

В отличие от предыдущего периода в новой программе отсутствует приоритет, полностью посвященный защите окружающей среды на пограничной территории. В некоторой степени данная тематика охватывается приоритетом «Продвижение и сохранение природного наследия» (тематическая цель «Наследие»). В то же время, акцент данного приоритета несколько смещен с области охраны в сферу использования объектов природного наследия, в первую очередь в туристических целях. Об этом свидетельствуют список ориентировочных мероприятий в рамках данного приоритета, и, особенно, перечень показателей, достижения которых в проекте ожидает Программа. Так, показатель результата, который проект обязательно должен достичь, звучит как «увеличение количества посетителей объектов природного наследия» [3].

Вместе с тем, такой подход Программы не означает, что мероприятия сугубо по охране природных объектов больше не поддерживаются. В показателях продукта внимание обращается на такие параметры, как количество природных объектов, сохранение которых было обеспечено при поддержке Программы, количество человек, принявших участие в акциях и информационных мероприятиях, содействующих сохранению природного наследия. Среди других показателей присутствуют такие, связанные с охраной водных объектов, как количество кампаний и новых стратегий, направленных на сохранение природного

наследия, количество публикаций о нем, протяженность построенных и модернизированных систем канализации, количество хозяйств, подключенных к этим системам, количество построенных и модернизированных водоочистных станций [3]. Однако, ключевым в проектах, поддерживаемых Программой, становится не природоохранное мероприятие как самоцель, а наличие объекта природного наследия, для защиты которого проводятся «мягкие» мероприятия либо создается инфраструктура, что, в свою очередь рассматривается как средство для привлечения туристов на данный объект.

Если же вести речь об использовании (а не охране), водных объектов, Программа в рамках своих тематических целей оставляет широкие возможности. В первую очередь, стоит это проекты в рамках все той же тематической цели «Наследие», направленные на использование как природного, так и исторического наследия. Проекты по использованию водных объектов в транспортных целях могут получить поддержку в рамках приоритета «Совершенствование и развитие транспортных услуг и инфраструктуры» (тематическая цель «Доступность»). Учитывая наличие на территории Программы водного пункта пропуска на белорусско-польской границе, можно предположить наличие проектов, которые могут быть профинансированы даже в рамках тематической цели «Границы».

В настоящее время Программа ЕИС 2014-2020 находится на этапе рассмотрения проектных заявок, поданных в рамках первого конкурса проектных предложений. Положительный опыт предыдущей Программы привел к огромной заинтересованности организаций в реализации совместных трансграничных проектов. Общая сумма запрашиваемого дофинансирования примерно в десять раз превысила финансовые возможности Программы. Стоит надеяться, что несмотря на столь серьезную конкуренцию среди победителей конкурса будут также проекты, направленные на охрану либо использование водных объектов.

Список использованных источников

1. Cross-border Cooperation Programme Poland–Belarus–Ukraine 2007-2013.
2. The ENI Cross-border Cooperation Programme Poland–Belarus–Ukraine 2014-2020.
3. CBC Programme Poland-Belarus-Ukraine 2014-2020. Programme Manual. Part I – Applicant, 1st call for proposals.
4. Сайт проекта «Восстановление магистрального водного пути E-40 на участке Днепр-Висла: от стратегии к планированию» [<http://www.e40restoration.eu/ru-RU/>]
5. Страница проекта «Расширение трансграничной системы очистки сточных вод в бассейне реки Западный Буг» [<http://paei.by/ru-RU/pages/treatment-system/conf/report.aspx>]

Использованные иллюстрации:

- 1 Территория действия Программы трансграничного сотрудничества Польша-Беларусь-Украина 2014-2020. Источник: сайт Программы [<http://pbu2020.eu/pbu/en/pages/192>].
- 2 Схема водного пути E-40. Источник: сайт проекта [<http://www.e40restoration.eu/ru-RU/>].

УДК 502.3

С.П. Уточкина, к.х.н., В.В. Анцукевич, Л.Н. Нуприенок, Л.В. Шишко, Т.Д. Сержанкова
Государственное учреждение «Республиканский центр аналитического контроля
в области охраны окружающей среды», г. Минск

ТРАНСГРАНИЧНЫЙ МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Для оценки состояния водных экосистем Беларуси, а также трансграничного переноса загрязнений водными путями, на основных реках и наиболее значимых озерах создана и функционирует развитая система мониторинга поверхностных вод. Необходимость проведения мониторинга поверхностных вод закреплена на уровне законодательства [1,2], порядок проведения работ в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды (далее –

НСМОС) установлен постановлением правительством Республики Беларусь [3], технические аспекты проведения мониторинга и оценки экологического и химического статусов водных экосистем регулируются рядом соответствующих нормативных технических документов. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь [3] ответственность за организацию и проведение мониторинга поверхностных вод в Республике Беларусь возложена на Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды (далее – Минприроды).

В настоящее время наблюдательная сеть мониторинга поверхностных вод включает 297 пункт наблюдений (из них 250 – национальные, 16 – фоновые, 31 – трансграничные). Регулярные наблюдения проводятся на 160 водных объектах, в т.ч. на 86 водотоках (176 пунктов наблюдений) и 74 водоемах (121 пункт наблюдений). Наблюдения за качеством поверхностных вод осуществляют организации, подчиненные Минприроды, в том числе государственное учреждение «Республиканский центр аналитического контроля в области охраны окружающей среды».

В целях получения информации о воздействии на водные экосистемы основных локальных источников поступления загрязняющих веществ организована сеть наблюдений локального мониторинга, объектом наблюдений являются сточные воды, отводимые в водные объекты и поверхностных воды в местах выпусков сточных вод. Сеть локального мониторинга сточных и поверхностных вод включает 593 пункта наблюдений и охватывает 199 выпусков сточных вод. Проведение данного вида мониторинга возложено на 145 водопользователей и осуществляется за их собственные средства. Сбор и обобщение данных локального мониторинга осуществляет информационно-аналитический центр, функционирующий в Республиканском центре аналитического контроля в области охраны окружающей среды.

Особенностью Республики Беларусь является то, что все основные крупные реки: Днепр, Припять, Западная Двина, Вилия, Неман и Западный Буг являются трансграничными.

В 2003 году Республика Беларусь подписала Хельсинскую Конвенцию [4]. В соответствии с положениями Конвенции странам – сторонам Конвенции следует проводить мониторинг состояния трансграничных водных объектов и состава сбросов, отводимых в водные объекты, имеющие трансграничный характер. В связи с этим трансграничный мониторинг поверхностных вод для Республики Беларусь имеет особую актуальность и его проведение в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь является важнейшим направлением деятельности.



Рисунок 1 – Действующая сеть трансграничного мониторинга поверхностных вод в Республике Беларусь

В целях реализации требований Хельсинской Конвенции к проведению трансграничного мониторинга поверхностных вод в 2004 году был принят приказ Минприроды, определяющий порядок проведения трансграничного мониторинга в составе НСМОС: установлен перечень наблюдаемых параметров, периодичность проведения наблюдений и другие технические требования. Данные трансграничного мониторинга входят в базы данных о качестве поверхностных вод НСМОС.

Сеть трансграничного мониторинга (рисунок 1) включает 31 пункт наблюдений: 8 пунктов наблюдения вблизи государственной границы Республики Беларусь с Российской Федерацией, 11 с Республикой Польша, 9 – с Украиной, 2 – с Литовской Республикой и 1 – с Латвийской Республикой.

Пункты распределены в бассейнах 5 основных рек – Западная Двина, Западный Буг, Неман, Днепр, Припять:

4 пункта – в бассейне р. Западная Двина (Россия – Беларусь, Беларусь – Латвия);

5 пунктов – в бассейне р. Неман (Беларусь – Литва, Беларусь – Польша);

8 пунктов – в бассейне р. Западный Буг (Польша – Беларусь);

6 пунктов – в бассейне р. Днепр (Россия – Беларусь, Беларусь – Украина);

8 пунктов – в бассейне р. Припять (Украина – Беларусь).

Наблюдения на трансграничных пунктах мониторинга проводятся по установленному перечню показателей:

- гидрохимическим показателям,
- гидробиологическим показателям,
- показателям радиоактивного загрязнения,
- показателям гидрологического режима.

Наблюдения за качеством поверхностных вод по гидрохимическим показателям и контроль за составом сбросов, отводимых в водные объекты, проводится государственным учреждением «Республиканский центр аналитического контроля в области охраны окружающей среды» в состав, которого входят 22 аккредитованные в Национальной системе аккредитации лаборатории.

На трансграничных пунктах наблюдений ежегодно отбирается более 370 проб поверхностных вод, выполняется около 10 000 анализов по гидрохимическим показателям (таблица 1).

Таблица 1 – Регламент проведения наблюдений за качеством поверхностных вод

| Наименование группы показателей | Наименование показателя | Периодичность наблюдений |
|---|---|--------------------------|
| 1. Показатели физических свойств и газового состава воды | температура, взвешенные вещества, водородный показатель (рН), растворенный кислород, удельная электрическая проводимость | Ежемесячно |
| 2. Показатели минерального состава воды (содержание основных ионов) | хлорид-ион, сульфат-ион магний-ион, кальций-ион, минерализация воды (по сухому остатку), гидрокарбонат-ион, | 7 раз в год |
| 3. Содержание органических веществ | биохимическое потребление кислорода (БПК ₅), химическое потребление кислорода (ХПК _{Cr}), нефтепродукты, СПАВ анионактивные | Ежемесячно |
| 4. Содержание биогенных веществ в воде | аммоний-ион, нитрат-ион, нитрит-ион, азот по Кьельдалю, фосфат-ион, фосфор общий | Ежемесячно |
| 5. Содержание тяжелых металлов | железо, марганец, медь, цинк, никель, хром, свинец, кадмий, | Ежемесячно |
| | мышьяк, ртуть | 1 раз в год |

Результаты проведения наблюдений за состоянием поверхностных вод по гидрохимическим показателям в установленном порядке передаются в информационно-аналитический центр мониторинга поверхностных вод, включаются в базу данных Национальной системы мониторинга окружающей среды, что позволяет проводить оценку состояния качества водных объектах, отслеживать долгосрочные тренды изменения качества вод. Результаты наблюдений свидетельствуют о стабильном и достаточно высоком качестве трансграничных рек.

Начиная с 2013 года в рамках реализации Стокгольмской Конвенции [5] на участках трансграничных водных объектов осуществляется контроль содержания полихлорированных дифенилов и хлорорганических пестицидов в водных экосистемах (в воде и донных отложениях). В настоящее время информация о результатах этих наблюдений включена в базу данных стойких органических загрязнителей. В дальнейшем планируется интегрирование этих данных в базу данных национальной системы мониторинга.

Качество проведения наблюдений обеспечивается применением современной методической и приборной базы, а также системы менеджмента качества.

Лаборатории, осуществляющие наблюдения, проводят измерения с использованием гармонизированной с международной методической базы. Подавляющее большинство используемых методик выполнения измерений – это адаптированные в Республике Беларусь международные стандарты (ISO, EN).

Проведение мониторинга поверхностных вод предполагает использование современного высокотехнологичного оборудования. В Республиканском центре аналитического контроля в области охраны окружающей среды осуществляется поэтапная модернизация приборной базы, постоянно проводится техническое переоснащение лабораторий. В рамках реализации государственных программ и проектов международной технической помощи приобретено и используются современное аналитическое оборудование: для анализа опасных органических загрязнителей - газовые и жидкостные хроматографы, для контроля содержания тяжелых металлов - атомно-абсорбционные спектрометры, масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой, системы пробоподготовки проб, для анализа основного ионного состава - системы капиллярного электрофореза и другое оборудование, используемое в международной лабораторной практике. В настоящее время имеющаяся приборная база позволяет контролировать весь спектр показателей, характеризующих качество поверхностных вод.

Вместе с тем, помимо проведения наблюдений на трансграничных пунктах, Хельсинская Конвенция предусматривает также организацию сотрудничества с сопредельными государствами-сторонами по разработке согласованных программ проведения наблюдений за состоянием водных объектов на трансграничных участках рек, согласованию перечней показателей состояния водных объектов на трансграничных участках рек, подлежащих измерению, периодичности проведения таких наблюдений, разработке критериев оценки состояния водных объектов на трансграничных участках рек, а также порядку обмена данными о результатах мониторинга трансграничных водных объектов.

Для обеспечения эффективного сотрудничества в области трансграничного мониторинга разработаны и согласованы с соответствующими службами четырех сопредельных государств следующие документы:

- Решения Белорусско-Российской комиссии по охране и рациональному использованию трансграничных водных объектов (начиная с 2005 года) в рамках Соглашения о сотрудничестве в области охраны и рационального использования трансграничных водных объектов от 24.05.2002;

- Технический протокол о сотрудничестве в области мониторинга и обмена информацией о состоянии трансграничных поверхностных вод от 10.04.2008 в рамках соглашения между Правительством Республики Беларусь и Правительством Литовской Республики об основных принципах трансграничного сотрудничества от 01.06.2006;

- Технический протокол о сотрудничестве в области мониторинга и обмена информацией о состоянии поверхностных вод на трансграничных участках водных объектов от 11.07.2012 в рамках Соглашения о сотрудничестве в области охраны и рационального использования трансграничных водных объектов с Украиной от 24.05.2002;

– Технические протоколы о сотрудничестве в области мониторинга и обмена информацией о состоянии поверхностных вод на трансграничных участках водных объектов между Брестским и Гродненским областными комитетами природных ресурсов и охраны окружающей среды и Воеводскими инспекторатами охраны окружающей среды в Люблине и Белостоке в рамках Белорусско-Польской межправительственной координационной комиссии по делам трансграничного сотрудничества.

Соглашениями определены основные направления работ по мониторингу поверхностных вод на трансграничных участках рек:

- проведение наблюдений за качеством поверхностных вод по программам установленным на национальном уровне;
- обмен информацией о состоянии трансграничных поверхностных вод,
- проведение совместных отборов проб и межлабораторных сличений.

Техническими протоколами и решениями Комиссий установлены периодичность и параметры наблюдений, критерии оценки состояния качества вод (пороговые значения показателей), порядок обмена оперативной информацией.

Важным инструментом обеспечения взаимного доверия к данным национальных программ мониторинга поверхностных вод и подтверждения компетентности лабораторий является проведение международных межлабораторных сличений. В настоящее время проведение совместных отборов проб и межлабораторных сличений между лабораториями приграничных стран стало хорошей практикой. Ежегодно 5-8 лабораторий государственного учреждения «Республиканский центр аналитического контроля в области охраны окружающей среды», осуществляющих трансграничный мониторинг, участвуют в межлабораторных сличениях с лабораториями Республики Польша, Российской Федерации, Украины, Литовской Республики. Результаты сличений свидетельствуют о хорошей сходимости результатов измерений, что является основанием для взаимного доверия к данным систематических наблюдений, проводимых в рамках национальных программ мониторинга.

Заслуживает внимания опыт сотрудничества с Российской Федерацией в части проведения практических семинаров для специалистов лабораторных служб. Начиная с 2011 года организовано и проведено 8 практических семинаров по актуальным вопросам лабораторной практики, в том числе «Практика внедрения современных методов анализов практическую деятельность лабораторий при проведении мониторинга», «Контроль качества лабораторных испытаний проб поверхностных вод, статистическая обработка результатов испытаний и их документирование», «Оформление, хранение, передача результатов измерений с использованием программных комплексов» и др.

Обмен информацией о состоянии трансграничных рек, перспективы дальнейшего развития трансграничного сотрудничества на постоянной основе обсуждаются в ходе проведения заседаний международных рабочих групп и комиссий: совместной Российско-Белорусской комиссии по охране и рациональному использованию трансграничных водных объектов, Белорусско-Российских Рабочих групп по бассейнам рек Днепр и Западная Двина, Белорусско-Польской подкомиссии по делам приграничного сотрудничества, Белорусско-Украинской Рабочей группы охраны и контроля качества вод.

Список использованных источников

1. Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» (Ст. 29, 94, 96) от 26.11.1992 (ред. от 17.07.2017).
2. Водный кодекс Республики Беларусь от 30 апреля 2014 г. N 149-З (ред. от 17.07.2017).
3. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28 апреля 2004 года № 482 «Об утверждении положений о порядке проведения в составе НСМОС мониторинга поверхностных вод, подземных вод, атмосферного воздуха, локального мониторинга окружающей среды и использования данных этих мониторингов».

4. Хельсинская Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озёр (1992 г.).
5. Стокгольмская Конвенция о стойких органических загрязнителях (2001 г.).

УДК 504.453/556.53

В.Н. Корнеев, нач. отдела; К.С. Титов, ст. науч. сотр.
Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск

АКТУАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БАССЕЙНА РЕКИ ЗАПАДНЫЙ БУГ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Актуальные экологические проблемы реки Западный Буг подразделяются на следующие три группы:

1. Изменение гидроморфологических показателей реки в связи с переформированием берегов.
2. Изменение гидрохимических показателей из-за поступления загрязняющих веществ от точечных и рассредоточенных (диффузных) источников загрязнений.
3. Риск негативных последствий опасных гидрометеорологических явлений, связанных с наводнениями и засухами.

Изучение этих проблем и путей их решения осуществляется РУП «ЦНИИКИВР» в рамках задания 2.1.6 «Выполнить оценку изменения гидроморфологических, гидрологических и гидрохимических показателей реки Западный Буг и разработать мероприятия по снижению их негативных последствий» подпрограммы II ГНТП «Природопользование и экологические риски», 2016-2020 гг.

По первой группе проблем изменение гидроморфологических показателей реки влияет на местоположение Государственной границы Беларуси с Польшей, так как она проходит, в том числе, по трансграничному участку реки Западный Буг. Учитывая, что река Западный Буг не является судоходной, граница проходит посередине реки. С целью выявления изменений местоположения Государственной границы Республики Беларусь на наиболее проблемных участках реки Западный Буг по интенсивности русловых и пойменных процессов необходимо разработать предложения по оценке современного состояния его абразионных берегов на пограничном участке и по мероприятиям, которые позволят снизить негативные последствия процессов переформирования берегов.

Для этого предварительно проведен сбор и выполнена подготовка исходной морфометрической и картографической информации по реке Западный Буг из фондовых источников. Данная информация включает топографические карты масштабов 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 (географически привязанные растровые картографические основы территории трансграничного участка протекания реки Западный Буг); наборы ГИС-слоев OSM (географически привязанные тематические слои территории трансграничного участка протекания реки Западный Буг); данные дистанционного зондирования земли ДЗЗ (актуальные географически привязанные космоаэрофотоснимки территории трансграничного участка протекания реки Западный Буг с разрешением, менее 2 метров в плане), а также координаты 47-ми характерных поперечных сечений по руслу и пойме на трансграничном участке реки Западный Буг «Беларусь-Польша». Все поперечные сечения привязаны, как по расстояниям от устья реки, так и к абсолютным отметкам высот Балтийской системы (БС).

Разработана методика и программа проведения оценки гидроморфологических показателей с учетом специфики решаемых задач для реки Западный Буг для оценки возможного влияния на прохождение Государственной границы в наиболее проблемных участках по интенсивности русловых и пойменных процессов. Следует отметить, что в Республике Беларусь разработаны и введены в действие два технических нормативных правовых акта

(ТНПА) в области оценки гидроморфологических показателей состояния рек и степени их изменения [1, 2]. С помощью этих ТНПА возможно выполнять лишь качественный (описательный) анализ гидроморфологических показателей и степень их изменения относительно природного состояния рек в виде бальной оценки их класса от первого (референсного, близкого к природному) до пятого (очень сильно измененного). Поэтому предложенная для реки Западный Буг методика проведения оценки гидроморфологических показателей позволяет выполнить количественную их оценку с учетом особенностей русловых процессов, и в последующем использоваться для других водотоков. В обобщенном виде общая характеристика методики приведена в таблице 1. Подробно данная методика со всеми зависимостями для определения ключевых параметров представлена в [3].

Таблица 1 – Общая характеристика методики проведения оценки гидроморфологических показателей

| № пп. | Категория, для каких оценок используется | Гидроморфологические показатели | Ключевые параметры и общая характеристика методов их определения |
|-------|---|--|---|
| 1 | <i>Геометрия русла</i> – для общей оценки меандрирования реки | Извилистость реки, ветвление русла | <i>Коэффициент извилистости реки $k_{изв}$.</i> |
| 2 | <i>Донные отложения</i> – для оценки устойчивости русла и вертикальных (глубинных) деформаций русла | Общая характеристика донных отложений | <i>Средний диаметр частиц грунта d, мм</i> – определяется по результатам отбора проб донных отложений и анализа его гранулометрического (механического) состава. |
| 3 | <i>Характер эрозии, отложений</i> – для выявления особенностей русла и основания берега | Наличие отмелей и островов (поросших растительностью или непокрытых) | <i>Географические координаты и размещение в плане отмелей и островов</i> – определяются в ходе маршрутных (экспедиционных) исследований или с использованием современного картографического материала, данных ДЗЗ |
| 4 | <i>Характеристики течения воды</i> – для оценки гидрологического режима и устойчивости русла | Характеристики скоростного режима течений для живого сечения реки | <i>Средняя скорость течения</i> в сечении и на его вертикалях, при необходимости – распределение в сечении местных продольных скоростей определяются по результатам прямых гидрометрических измерений либо расчетным методом. |
| 5 | <i>Устойчивость русла</i> | Характеристики допускаемых (неразмывающих) скоростей | <i>Оценка устойчивости русла</i> выполняется путем сравнения средних на вертикалях скоростей течения в сечении с допускаемыми (неразмывающими) скоростями течения. |
| 6 | <i>Наличие гидротехнических и других сооружений, влияющих на гидрологический режим реки</i> | Общее описание сооружений | <i>Географические координаты и размещение в плане гидротехнических и других сооружений</i> , определяются в ходе маршрутных (экспедиционных) исследований или с использованием современного картографического материала, данных ДЗЗ |
| 7 | <i>Берега реки / прибрежные зоны</i> – для оценки плановых и вертикальных деформаций берега | Актуальные географические координаты левого и правого берега, а также середины реки. Отметки высот левого и правого берега, а также островов и отмелей. Характеристика грунтов (породы), слагающей берег | <i>Плановые (горизонтальные) деформаций, b_z, м</i> – определяется путем сравнения актуальных координат берега, например, по данным ДЗЗ с историческими данными топографических карт по возможности наиболее крупного масштаба. Оценка значимости этих изменений выполняется путем сравнения величин смещения берегов с использованием критерия значимости планового смещения, превосходящего в год 5% от его ширины. [4]. Прогноз плановых (горизонтальных) и глубинных (вертикальных) деформаций осуществляется по специальным зависимостям. |

Окончание таблицы 1

| № пп. | Категория, для каких оценок используется | Гидроморфологические показатели | Ключевые параметры и общая характеристика методов их определения |
|-------|---|---|---|
| 8 | <i>Пойма реки</i> - для уточнения оценки плановых деформаций берега | Общая характеристика расположенных на пойме природных и антропогенных объектов, которые могут влиять на деформации берега реки, | Географические координаты и размещение в плане расположенных на пойме природных и антропогенных объектов, которые могут влиять на деформации берега реки, при необходимости – измеренные координаты поперечного сечения реки с учетом указанных объектов, включая защитные дамбы, польдеры, каналы, рыбоводческие садки, гравийные и другие карьеры, пойменный лес, сельскохозяйственные, городские земли, водноболотные угодья |

С использованием предложенной методики определены актуальные участки с признаками интенсивных русловых и пойменных процессов на трансграничном участке реки Западный Буг. В том числе это 93 абразионных участка правого берега, 198 участков многорукавности – образования отмелей и островов. Более детальный анализ этих участков позволил выявить из них 8 проблемных участков в части изменения правого берега, из которых 4 участка являются наиболее проблемными (пример представлен на рисунке 1).

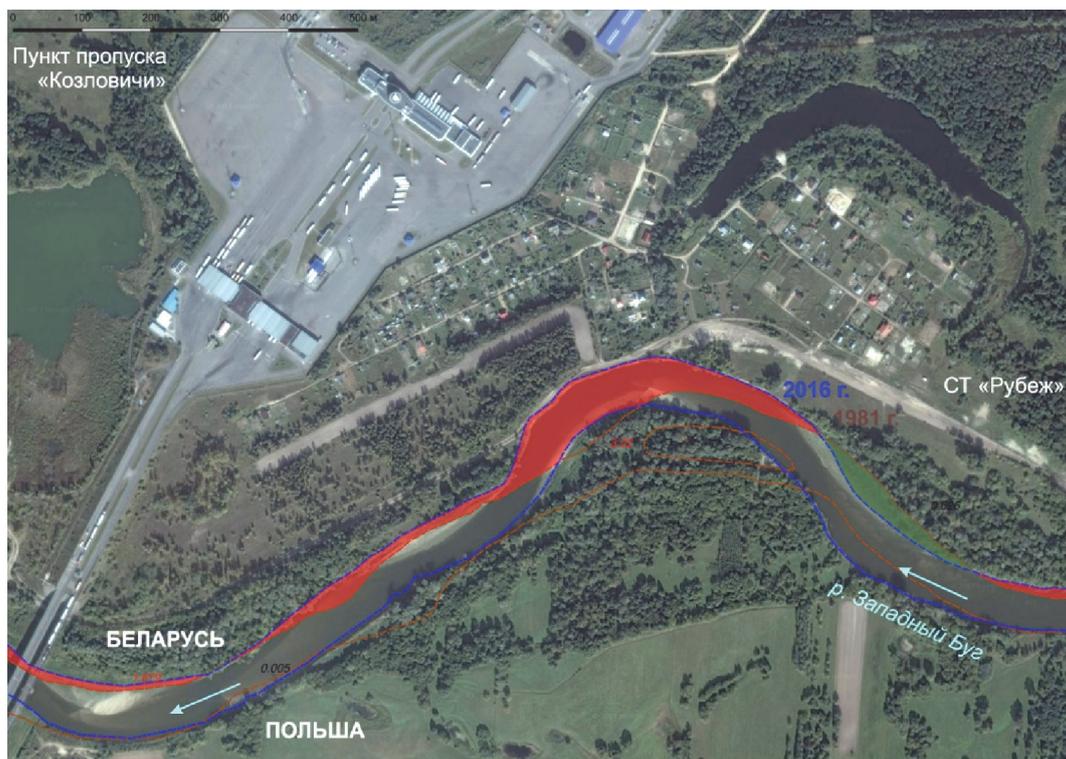


Рисунок 1 – Пример одного из наиболее проблемных участков значимых изменений гидроморфологических показателей правого берега реки Западный Буг

По результатам экспедиционных исследований и проведенных расчетов (за 35-летний период с 1981 по 2016 год) по четырем из наиболее проблемных участков реки Западный Буг получено, что величина абразии правого берега почти в три раза больше величины аккумуляции. Путем решения этой проблемы является проведение инженерных мероприятий по укреплению правого берега на этих наиболее проблемных участках. В первую очередь необходимо укрепление берега на двух участках: у садового товарищества Рубеж и на участке после обтекания полуострова в виде «петли» (участок ниже «петли», 1,5 км выше устья реки Лесной).

Поскольку берега реки Западный Буг на этих участках очень крутые, с откосами, близкими к заложению 1:1 (угол составляет 60-90°) биологические типы крепления при всей их экологической и эстетической привлекательности могут не выдержать динамическое воздействие водного потока и быть малоэффективными. Причем, даже если при этом использовать современные геосинтетические материалы, в том числе геоматы, геосетки, включая объемные георешетки, плоские и профилированные геомембраны, геодрены и т.п. При креплении наиболее проблемных участков правого берега реки Западный Буг могут использоваться следующие варианты крепления: габионы (высокопрочные морозоустойчивые каменные или другие материалы, заключенные в коробчатые конструкции, чехол которых представляет собой сетку); шпунтовые стенки; составные бетонные плиты на гибких связях. Варианты крепления и материал крепления должны быть подобраны проектной организацией при разработке конкретных проектов укрепления берега с учетом обеспечения надежности укрепления и его эстетических характеристик.

По второй группе проблем изменение гидрохимических показателей из-за поступления загрязняющих веществ от точечных и рассредоточенных (диффузных) источников загрязнений может оказываться негативное воздействие на экологическое состояние реки Западный Буг. На реку Западный Буг оказывается влияние со стороны предприятий-водопользователей, сбрасывающих сточные воды как непосредственно в реку, так и в ее притоки (преимущественно 1-го порядка). По данным Государственного водного кадастра за 2015 год всего выявлено 39 основных объектов, расположенных на территориях водоохраных зон, прибрежных полос и в зоне инженерных сооружений Государственной границы Республики Беларусь, оказывающих негативное воздействие на реку Западный Буг и ее притоки 1-го порядка. В том числе это 8 объектов вдоль реки Западный Буг, наиболее значимый из которых – выпуск очищенных сточных вод очистных сооружений города Бреста, 4 объекта вдоль реки Лесная; 17 объектов вдоль реки Мухавец, 7 объектов вдоль реки Пульва, 2 объекта вдоль реки Середовая Речка, 1 объект вдоль канала Мотыкальский. Непосредственно в реку Западный Буг сбрасывают очищенные сточные воды 4 водопользователя (КПУП «Брестводоканал» г. Бреста, ОАО «Комаровка» Брестского района, ОАО «Брестский завод бытовой химии» г. Бреста, РУП по обеспечению нефтепродуктами «Белоруснефть-Брестоблнефтепродукт» г. Бреста), остальные водопользователи – на поля фильтрации, земельные поля орошения (ЗПО), накопители (испарители). В реку Западный Буг не производится сброс сточных вод без очистки, 99,13 % сбрасываемых в реку сточных вод являются нормативно очищенными, 0,83 % – недостаточно очищенными, 0,04 % – не требуют очистки. Не производится сброс сточных вод с использование земельных полей орошения.

Основным источником поступления очищенных сточных вод в реку Западный Буг является выпуск с очистных сооружений КПУП «Брестводоканал» г. Бреста. После биологической очистки очищенные сточные воды поступают на биопруды с последующим выпуском очищенных сточных вод в реку Западный Буг. Изучение характеристик илоскопителей и биологических прудов КПУП «Брестводоканал» по фоновым данным статистичности водопользователей и локального мониторинга, а также их экспедиционные исследования позволило сформировать выводы о том, что основным дополнительным источником вторичного загрязнения реки Западный Буг являются биологические пруды, на которые сбрасываются очищенные сточные воды очистных сооружений города Бреста. В результате сброса с безнапорного трубопровода на поверхность этих прудов происходит размыв верхнего слоя ила, существенно загрязненного за предыдущие десятки лет. Происходит воронка размыва с «захватом» частиц загрязненного ила потоком очищенных сточных вод и дальнейшим их транспортированием с этим поверхностным потоком в реку Западный Буг. Придонная же часть биопрудов может быть закольматирована – поры грунта ниже дна пруда могут быть заполнены более мелкими водонерастворимыми частицами, препятствующими фильтрации.

Поэтому путем решения этих проблем может являться отведение очищенных сточных вод в реку Западный Буг по безнапорному трубопроводу, минуя загрязненные за предыдущие десятилетия биологические пруды (особенно с учетом проведенной ранее,

проводимой в настоящее время и планируемой в будущем модернизации очистных сооружений по повышению степени очистки сточных вод). Вместе с тем выявлено, что иловые накопители не являются столь значимыми источниками загрязнения реки Западный Буг как биологические пруды, на которых происходит естественная фильтрация. Илонакопители напрямую не связаны с рекой Западный Буг какими-либо водоводами или водотоками, к тому же они в основном находятся в стадии ликвидации.

Внедрение современных технологий очистки сточных вод и утилизации осадка предприятиями водопользователями, а также снижение загрязнения от рассредоточенных (диффузных) источников загрязнения за счет внедрения современных экологически-безопасных технологий производства сельскохозяйственной продукции («зеленой экономики») позволит снизить проблему изменения гидрохимических показателей в бассейне реки Западный Буг.

По третьей группе проблем, связанных с рисками негативных последствий опасных гидрометеорологических явлений, можно отметить, что река Западный Буг относится к водным объектам с высоким риском наводнений и засух. При этом происходят значительные изменения гидрологического режима реки Западный Буг и его притоков. Например, диапазон изменения уровней воды в реке Западный Буг от минимального уровня в засушливый период до максимального в период половодий составляет более 5 м.

Наводнения, являющиеся негативным следствием весенних половодий и дождевых паводков, приводят к значительным затоплениям прибрежных территорий, включая пограничную инфраструктуру, сельскохозяйственные угодья и объекты, жилые и иные строения. Значимые весенние половодья в бассейне реки Западный Буг наблюдались в 1958, 1962, 1967, 1971, 1974, 1979, 1999, 2005, 2009, 2010, 2011, 2013 годах, наиболее значительное из которых произошло в 1979 году. Наибольшие летне-осенние дождевые паводки в бассейне реки Западный Буг наблюдались в 1974, 1975, 1979, 1980 годах, наибольшие зимние паводки - в 1958, 1971, 1975, 1982 годах. Наиболее засушливыми были 2015 и 2016 годы, причем в 2015 году в период летне-осенней межени наблюдались минимальные уровни воды в реке Западный Буг за весь период наблюдений.

Путем решения проблемы снижения негативных последствий наводнений является проведение предварительной оценки рисков наводнений, разработка соответствующих карт опасностей и рисков наводнений, а также плана управления рисками наводнений. Также это регламентируется Директивой 2007/60/ЕС Европейского Парламента и Совета от 23.10.2007 по оценке и управлению рисками наводнений. Для Польши, указанная Директива, также как и Директива Европейского Парламента и Совета 2000/60/ЕС от 23.10.2000, устанавливающая рамки Сообщества в сфере водной политики (Водная Рамочная Директива), имеют обязательный характер.

Поэтому подходы указанных выше директив целесообразно применять при решении актуальных экологических проблем в трансграничном речном бассейне Западного Буга с учетом международного сотрудничества в бассейне.

Следует отметить, что развитие международного сотрудничества в области управления водными ресурсами бассейна Западного Буга и обмен информацией существенно повышает эффективность решения актуальных экологических проблем бассейна, включая снижение негативных последствий опасных гидрометеорологических явлений, а также изменения гидроморфологических и гидрохимических показателей водных объектов.

Список использованных источников

1 СТБ EN 14614-2012. Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Руководство по оценке гидроморфологических показателей состояния рек.

2 СТБ/ПР_3/17.13.04-XX-20XX/EN 15843:2010. Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Руководство по определению степени изменения гидроморфологических показателей состояния рек.

3 Выполнить оценку изменения гидроморфологических, гидрологических и гидрохимических показателей реки Западный Буг и разработать мероприятия по снижению их негативных последствий. Этап 2016 г. Выполнить оценку изменения гидроморфологиче-

ских показателей реки Западный Буг и разработать предложения по оценке современного состояния абразионных берегов на пограничном участке реки Западный Буг. Отчет о НИР (промежуточный). – г. Минск, РУП «ЦНИИКИВР, 2016 гг. – 33 с.

4 Проектирование и строительство водозаборов из поверхностных источников (к СНБ «Водозаборы из поверхностных и подземных источников»). – Мн., 2002 г. – 147 с.

5 Разработать план управления бассейном р. Западный Буг (этап 2016 года). Отчет о НИР (заключительный). – г. Минск, РУП «ЦНИИКИВР, 2016 гг. – 169 с.

УДК 540.4.054

В.П. Музыкин, зав. сектором гидроэкологических обоснований и прогнозирования отдела гидроэкологических исследований;

Ю.Ф. Антипинович, мл. науч. сотр. отдела гидроэкологических исследований;

С.А. Будько, мл. науч. сотр. отдела гидроэкологических исследований

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск

КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ВОПРОСОВ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ТРАНСГРАНИЧНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Месторождение «Хотиславское» расположено у границы Беларуси и Украины, в Малоритском районе Брестской области. Запасы полезного ископаемого промышленных категорий, доступные к открытой разработке, составляют 26281,4 тыс. м³ песка и 38816 тыс. м³ мела. Гидрогеологические условия для разработки месторождения являются неблагоприятными, в связи с чем, она ведется с понижением уровней грунтовых вод в комплексе с защитными водоохранными мероприятиями и контролем (мониторингом) за изменением гидролого-гидрогеологических условий. По состоянию на 2017 г. осуществляется II очередь горных работ по отработке песчаной залежи, средней мощностью 12,4 м, на общей площади 23,6 га. Осушение месторождения ведется открытым водоотливом, объем которого в 2016 г. составил 2951,5 тыс. м³.

Прогноз воздействия на окружающую среду разработки II очереди месторождения выполнен в 2009 г., который показал, что при этом возможно и трансграничное воздействие [1]. На основании рекомендаций о предотвращении трансграничного воздействия, в качестве водоохраных мероприятий при эксплуатации месторождения должны быть использованы:

1. Специальная компенсационная система инфильтрационных каналов с подачей в них осветленных вод карьерного водоотлива. Механизм действия компенсационной системы основан на создании водами карьерного водоотлива, фильтрующимися через ложе инфильтрационных каналов, гидравлической «завесы», или подпора движению потока подземных вод, снижения скоростей фильтрации и подъема уровней грунтовых вод в направлении прилегающих водоразделов.

2. Восстановление водности р. Рита (санитарные попуски) за счет ресурсов карьерного водоотлива.

3. Осветление сточных вод в системе промывки и обогащения полезного ископаемого.

4. Проведение мониторинга поверхностных и подземных вод.

В настоящее время все данные рекомендации реализованы на практике.

Компенсационная система на данном этапе отработки месторождения представлена одним инфильтрационным каналом, на конец проведения II очереди проектных горных работ, по мере расширения и углубления карьера, их число рекомендовано довести до трех.

Мониторинг поверхностных и подземных вод в районе месторождения «Хотиславское» проводится с 2010 г. по Программе мониторинга поверхностных и подземных вод [2], разработанной в 2011 г. на основе рекомендаций отчета об оценке воздействия [1], а также решений двусторонних украинско-белорусских консультаций, состоявшихся в 2009-2011 гг. в соответствии с требованиями международной Конвенции об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте (г. Эспо, 1991 г.).

С 2011 г. мониторинг поверхностных и подземных вод, в соответствии с протоколом украинско-белорусских консультаций от 29.06.2010 г. (г. Луцк, Украина), проводится на двусторонней основе: на прилегающей к карьере территории Беларуси – РУП «ЦНИИКИВР» с использованием специально созданной сети пунктов наблюдений, на прилегающей территории Украины – Институтом водных проблем и мелиорации НАН Украины с использованием сети пунктов наблюдений Волынской гидромелиоративной партии (рисунок 1).

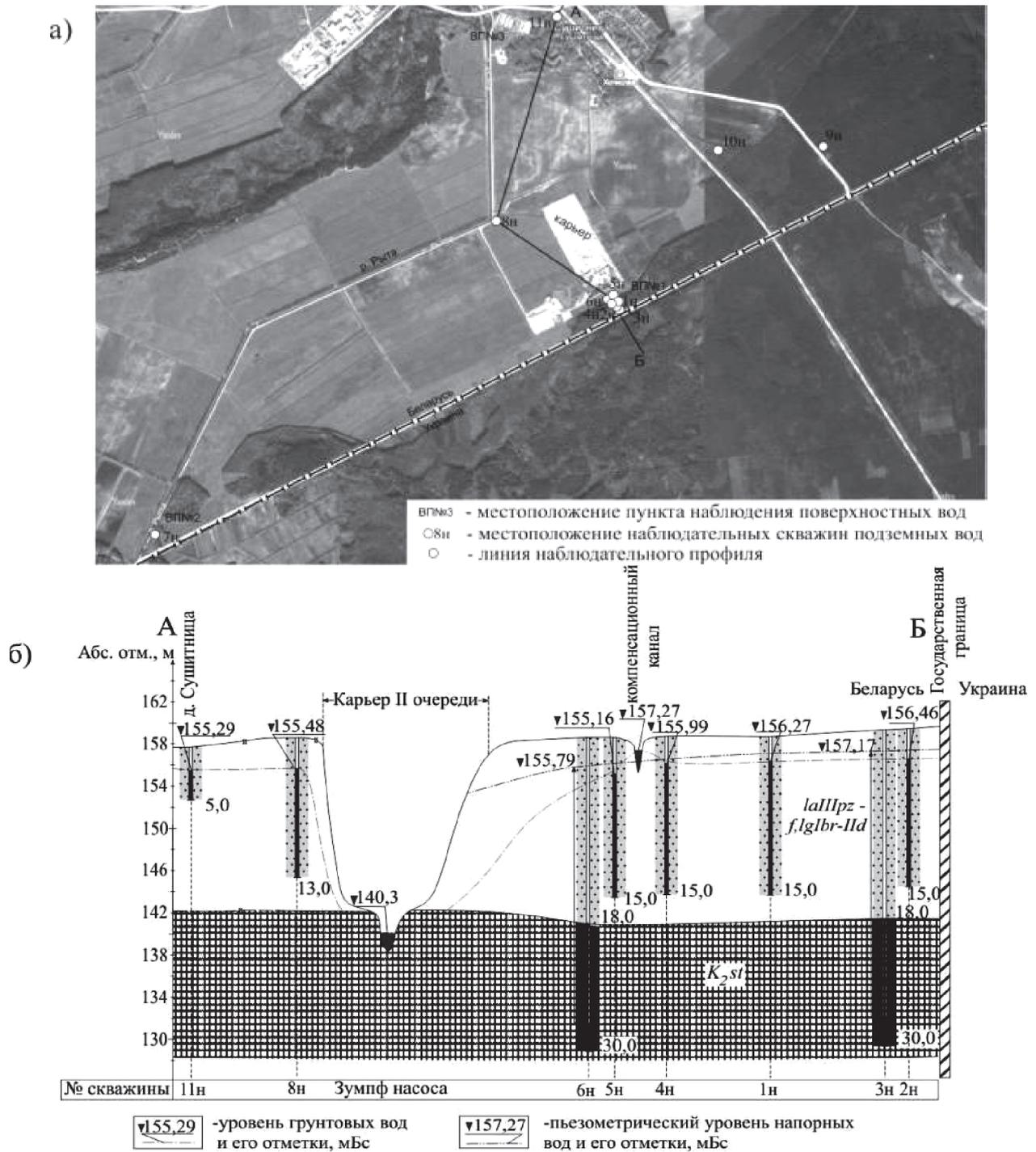


Рисунок 1 – Карта-схема сети пунктов наблюдений локального мониторинга в зоне воздействия II очереди месторождения «Хотиславское»

По Конвенции об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте (г. Эспо, 1991 г.), процедура оценки трансграничного воздействия должна также предполагать проведение послепроектного анализа экологического воздействия планируемой деятельности. В отношении оценки трансграничного воздействия карьера на месторождении «Хотиславское», послепроектный анализ проведен в 2013 г. в рамках европейской экологической Инициативы «Окружающая среда и безопасность» (UNVSEK). Для чего была создана белорусско-украинская рабочая группа по двустороннему экологическому мониторингу и проведена оценка фактического воздействия отработки карьера, а также эффективности примененных проектных мероприятий по защите окружающей среды. В выводах рабочей группы отмечалось, что на начальном этапе разработки месторождения экологический контроль и эффективность используемых водоохранных мероприятий находятся на достаточно высоком уровне и ощутимых изменений в зоне воздействия в окружающей среде по состоянию на 2013 г. не произошло.

Согласно законодательствам Беларуси и Украины, обмен информацией о результатах мониторинга поверхностных и подземных вод в формате ежегодной аналитической записки осуществляется по дипломатическим каналам.

Пункты наблюдений мониторинга поверхностных и подземных вод, расположенные в пределах белорусской части прогнозной зоны воздействия, предназначены для контроля регионального развития влияния карьерного водоотлива и эффективностью создания гидравлической «завесы». Схема их расположения приведена на рисунке 2.



а) схема, б) наблюдательный гидрогеологический профиль А-Б.

Рисунок 2 – Расположение сети локального мониторинга в пределах белорусской части зоны воздействия II очереди месторождения «Хотиславское»

Мониторинг поверхностных вод в пределах белорусской части зоны влияния карьерного водоотлива заключается в проведении комплекса гидрометрических наблюдений и обработке их данных по установленным водомерным постам: ВП № 1 – пост на инфильтрационном канале; ВП № 2 – фоновый створ выше по течению р. Рита от карьера; ВП № 3 – контрольный створ ниже по течению р. Рита от карьера. Для мониторинга под-

земных вод используются 11 пунктов наблюдений. На безнапорный водоносный горизонт грунтовых вод, горизонта, оборудованы 8 наблюдательных скважин, глубиной 13-15 м (скважины №№ 1н, 2н, 4н, 5н, 7н – 10н) и шахтный колодец в н.п. Сушитница. На напорный водоносный горизонт верхнемеловых отложений оборудованы 2 наблюдательные скважины, глубиной по 30 м (скважины №№ 3н и 6н).

Для составления ежегодных аналитических записок белорусской стороной на данном этапе обработки месторождения используется метод сравнительного гидрогеологического анализа с элементами математической статистики, которым предусматривается:

– анализ изменения состояния поверхностных и подземных вод в районе месторождения «Хотиславское» в сравнении с региональными особенностями естественного формирования поверхностных и подземных вод в бассейнах рр. Мухавец и Рита по данным Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь (НСМОС РБ) [3], которые приняты в качестве контрольных (аналога);

– выявление характера воздействия на режим поверхностных и подземных вод местных техногенных факторов;

– обоснование направлений режимных наблюдений на перспективу и контроля мероприятий по охране природных вод от истощения и загрязнения.

Используя данные мониторинга поверхностных и подземных вод и статистически обработанные их результаты, в аналитической записке за 2016 г. сделаны следующие выводы о состоянии подземных и поверхностных вод в районе карьера:

Подземные воды. – 1. Ход уровней грунтовых и напорных вод в 2010-2016 г. в районе карьера находился в зависимости от сезонных климатических явлений и их колебания закономерно повторяют друг друга. Максимальные уровни подземных вод характерны для периода весенних подъемов, а минимальные – периоду летне-осенней межени.

2. Диапазон среднемноголетних амплитуд колебаний уровней грунтовых и напорных вод в наблюдательных скважинах с 2010 по 2016 г. составил 0,64-1,0 м, что соответствует фоновому диапазону среднемноголетних амплитуд их колебаний на региональных гидрогеологических постах НСМОС РБ, составившему за эти годы 0,61-1,03 м.

3. В 2010-2016 гг. грунтовые воды в районе месторождения в отдельных наблюдательных скважинах характеризовались повышенным содержанием общего железа (2,2-631 ПДК), марганца (1,3-4,6 ПДК), перманганатной окисляемости (1,2-2,4 ПДК), а также цветности воды (1,1-9,5 ПДК). Напорные воды верхнемеловых отложений содержали только повышенные концентрации общего железа (до 235 ПДК) и марганца (до 4,6 ПДК). При этом значения показателей качества подземных вод находились в диапазоне изменений их концентраций в пунктах наблюдений НСМОС РБ, или были несколько выше по содержанию железа.

4. Источником загрязнения подземных вод и их дренажного стока в районе карьера являются природные факторы: местное воздействие торфяных отложений, широко представленных на прилегающих к карьере мелиорированных землях.

5. Сравнительный анализ сезонной и многолетней синхронности хода уровней подземных вод в районе карьера и пунктов наблюдений НСМОС РБ показал их хорошую сходимость, что дает основания считать на данном этапе условия формирования подземных вод в прогнозной зоне воздействия близкими к естественным.

6. По состоянию на 2017 г. влияние карьерного водоотлива, осуществляемого при обработке песчаного карьера II очереди, на уровеньный режим подземных вод прослеживается не далее инфильтрационного (компенсационного) канала и не имеет трансграничного воздействия.

Поверхностные воды. – 1. Водный режим р. Рита в 2010-2016 гг. в контрольных створах мониторинга поверхностных вод выше и ниже от карьера находился в зависимости от сезонных климатических явлений и мелиоративного регулирования.

2. Режим наполнения компенсационной системы поддерживается за счет отвода дренажных карьерных вод, влияние сезонных климатических явлений на уровни воды в ней выражено в значительно меньшей степени. Уровень воды в канале в 2010-2016 гг. постоянно находился выше, чем уровень грунтовых вод в наблюдательных скважинах.

3. Характер формирования загрязнения поверхностных вод р. Рита в районе карьера, – повышенное содержание азота аммонийного (1,6-2,6 ПДК), общего железа (2,7-11,5 ПДК), марганца (2,5-9,2 ПДК), ХПК (2,1-3,3 ПДК) и цветности воды (2,5-20,0 ПДК), – соответствует общим тенденциям формирования качества речных вод в бассейне р. Мухомец, т.е. региональным особенностям в соответствии с данными НСМОС РБ.

4. Река Рита в районе месторождения является водоприемником стока мелиоративных систем «Вир», «Сушитница», «Гутянская», в связи с чем, источником загрязнения вод р. Рита в 2010-2016 гг. в контрольных створах мониторинга поверхностных вод является дренажный сток с данных мелиоративных систем.

5. По состоянию на 2017 г. эксплуатация песчаного карьера на месторождении «Хотиславское» воздействия на режим р. Рита не оказывает.

Анализ данных локального мониторинга поверхностных и подземных вод в пределах белорусской части зоны возможного влияния разработки месторождения «Хотиславское» уже по состоянию на 2017 г. позволяет установить:

– компенсационный канал выполняет функции «гидравлической завесы», предложенной в отчете о трансграничном воздействии в качестве природоохранного мероприятия, и на данном этапе обработки месторождения, обеспечивает стабилизацию уровней грунтовых вод в районе государственной границы;

– статистически значимые доверительные (референсные) диапазоны колебания уровней подземных вод в наблюдательных скважинах и изменения их состава, которые в дальнейшем могут использоваться в качестве контрольных (критических) для оценки воздействия карьера;

– гидрогеологическую информацию, которая может быть использована для уточнения гидродинамических параметров водоносных горизонтов, формируемых в зоне воздействия, включая их изменчивость во времени, а также оценки эффективности компенсационной системы и разработки других видов прогноза режима подземных вод в регионе.

Список использованных источников

1 Опыт оценки трансграничного воздействия месторождения строительных материалов «Хотиславское» на поверхностные и подземные воды. // Стратегические проблемы охраны и использования водных ресурсов: материалы IV Международного водного форума. – г. Минск, 12-13 октября 2010 г. – С.65-68.

2 Программа проведения мониторинга поверхностных и подземных вод на территории Республики Беларусь в районе II очереди месторождения «Хотиславское». – Мн., ЦНИИКИВР, 2011 г. – С.42.

3 Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2010 / Под общ. ред. С.И. Кузьмина, В.В. Савченко. – Мн., Бел НИЦ «Экология», 2010 г. – С.308.

УДК 556.5 (1/9)

Е.Е. Петлицкий; Н.А. Асмаловский

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛИМИТИРУЮЩЕГО СТОКА МАЛЫХ И СРЕДНИХ ТРАНСГРАНИЧНЫХ ВОДОТОКОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ДНЕПР И ЕГО ПРОГНОЗ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Современная тенденция изменения климата не может не повлиять на поверхностный сток на территории Республики Беларусь и Российской Федерации. Эти изменения приведут к негативным последствиям для малых водотоков. Для этого была выполнена оценка изменения поверхностного стока для летне-осеннего и зимнего периодов (как наиболее

проблемного с учетом прогноза изменения климата и поверхностного стока) для исследуемых малых трансграничных водотоков.

Основная доля исследуемых трансграничных водных объектов в пределах Витебской, Могилевской и Гомельской областей это очень малые, малые и средние реки с площадью водосбора от 5,4 км² (река Кавпита в Костюковичском районе Могилевской области) до 3030 км² (река Беседа в Костюковичском и Хотимском районах Могилевской области) и соответственно длиной, по тем же рекам, от 3,6 км до 109 км, формирующихся полностью на территории республики Беларусь. Через Государственную границу, в основном, в направлении с запада на восток водотоки переходят на территорию Смоленской и Брянской областей Российской Федерации. Из 13 трансграничных водотоков только река Беседа с площадью водосбора 3030 км² относится к средним водотокам, остальные 12 рек относятся к градации малых и очень малых. Так площади водосборов и длины рек Вязовка, Ректа, Витава, Кавпита и Десенка окончательно уточнялись по топографическим картам масштабов 1:10 000 и 1:25 000. Для остальных водотоков проводилась корректировка площадей водосборов и их длин, так как они претерпели изменения в связи проведением гидромелиоративных работ в 1970-1980-ые годы.

Все исследуемые трансграничные водотоки в пределах Смоленской и Брянской областей это малые и средние реки с площадями водосборов от 47 км² (река Грязлинка в Злынковском районе Брянской области) до 9646 км² (река Ипуть в Злынковском районе Брянской области) и соответственно длиной от 8 км (река Жадунь в Клетнянском районе Брянской области) до 373 км (река Ипуть в Злынковском районе Брянской области) формирующихся на территории Российской Федерации.

Большинство малых трансграничных рек, берущих начало на территории Витебской, Могилевской и Гомельской областей Республики Беларусь и перетекающих на территорию Смоленской и Брянской областей Российской Федерации, остаются не изученными с гидрологической точки зрения. Проведенные полевых гидрологических исследований малых водотоков бассейна р. Днепр на их трансграничных участках в летне-осенний период 2016 года позволили выполнить необходимые расчеты.

Исследуемая территория характеризуется довольно разнообразными условиями формирования стока, в том числе и в период межени (летне-осенней и зимней) [1]. Кроме основной водной артерии – реки Днепр – на этой территории протекают такие крупные реки как Ипуть, Меря, Беседа, Сож, Остер и др. Бассейн реки Днепр, ее 5-ый Верхне-Днепровский гидрологический район относится к наиболее обеспеченным по количеству водных ресурсов трансграничным речным бассейнам по сравнению с другими крупными речными бассейнами Республики Беларусь [1].

В пределах Верхне-Днепровского гидрологического района модуль годового стока изменяется от 6,5 л/с км² на севере до 5,5 л/с км² на юге. Густота речной сети в этом гидрологическом районе составляет 0,40 ‰.

В Верхне-Днепровском гидрологическом районе всего за весь период наблюдений стационарных наблюдений было организовано порядка 30-ти пунктов наблюдений за водными ресурсами на трансграничных реках. Часть из них в настоящее время не функционирует по тем или иным причинам. Наиболее длительные наблюдения имеются на основных реках гидрологического района – реки Днепр и Сож. Часть гидрологических постов в настоящее время не функционируют. Обеспеченность территории гидрологическими наблюдениями оценивается удельной величиной, представляющую долю величины водосборной площади, приходящуюся на один пункт наблюдений. В Верхне-Днепровском гидрологическом районе эта величина составляла 1095 км², а в настоящее время – 1762 км².

Для расчета лимитирующих характеристик стока выбрано в Верхне-Днепровском гидрологическом районе бассейна Днепра 24 трансграничных рек с общей площадью водосбора 27447 км². Половина рек, а именно 12, формируется на территориях Смоленской и Брянской областей Российской Федерации и через границу перетекают на территорию Могилевской и Гомельской областей Республики Беларусь. Необходимо отметить, что выбра-

ны все трансграничные водотоки пересекающие в двух направлениях Государственную границу по вышеперечисленным областям в Российской Федерации Республики Беларусь. На долю трансграничных рек формирующихся в Российской Федерации приходится 23027 км² или 84 % от общей площади водосбора исследуемых водотоков. На долю трансграничных рек формирующихся в Республики Беларусь Приходится 4420 км² или 16 % от общей площади водосбора.

Перечень рек формирующихся в Верхне-Днепровском гидрологическом районе бассейна реки Днепр в Российской Федерации: Вихра, Сож, Скверетянка, Соженка, Остер, Беседь, Ольшевка, Жадунь, Дороговша, Столбунка, Ипуть и Грязливка.

Перечень рек формирующихся в Верхне-Днепровском гидрологическом районе бассейна реки Днепр в Республике Беларусь: Вязовка, Меряя, Ипуть, Ректа, Витава, Кавпита, Беседь, Олешня, Десенка, Палуж, Дороговша, Колпита и Очеса.

Для выполнения расчетов по малым трансграничным водотокам неохваченных регулярными наблюдениями подобраны водосборы-аналоги схожие по физико-географическим условиям, подстилающей поверхности и климатическим факторам.

Для выполнения исследований по расчету лимитирующих характеристик стока малых трансграничных рек бассейна Днепр были проанализированы полученные ранее расчетные данные о возможных сдвигах лимитирующих месяцев в многолетнем разрезе по остальным бассейнам рек Беларуси.

Для оценки наиболее «маловодных» месяцев в пределах зимней и летне-осенней межени, отдельно выделен период наблюдений за последние 37 лет (граница условно проведена в 1980 году).

В бассейне реки Днепр сохранилась общая тенденция изменения в структуре межени расходов: в створах рек наиболее частые попадания минимального среднемесячного расхода воды переместились с периода зимней межени (февраль) на осенний период (август- сентябрь).

На современном этапе в водохозяйственной практике принято, что экологическая безопасность и гидрологическая обеспеченность реки сохраняется при расходе воды в размере 75 % минимального среднемесячного расхода воды в год 95 % вероятности превышения годового стока. Такой подход является достаточно упрощенным и не основывается на глубоком исследовании особенностей формирования минимальных расходов воды в принципе [2]. Разработанная в РУП «ЦНИИКИВР» методика предполагает определение минимальных лимитирующих расходов воды с учетом особенностей речных бассейнов различной величины, условий формирования речного стока и закономерностей его внутригодового распределения.

В последние годы для Республики Беларусь характерна череда теплых лет. Для зоны северного полушария, соответствующей расположению Республики Беларусь, этот диапазон несколько изменяется – изменение температуры воздуха возможно от 0,5 до 3 °С, а атмосферных осадков - от 0 до 15 % [3].

Годовой сток большинства крупных рек на территории Республики Беларусь увеличился на 5-20 %.

Данные, представленные в 2013 г. в материалах Пятого доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [4], свидетельствуют о том, что изменение климата является неоспоримым фактом, который подтверждается наблюдениями за повышением глобальной средней температуры воздуха и океанов, широко распространенным таянием снега и льда, повышением уровня Мирового океана. Прогнозируется, что в бассейне реки Днепр на территории Республики Беларусь до 2035 г. в среднем по бассейну повышение температуры воздуха в зависимости от указанных сценариев может составить в зимний период от 1,5 до 2,5 °С, в летний – от 1,0 до 1,5 °С. Также прогнозируется изменение количества осадков: в осенний и зимний период возможно их незначительное увеличение (максимально – на 10 %); а в весенний и летний – возможное уменьшение (максимально – на 10-20 %). При этом в зависимости от периода года сток в бассейне

Днепра согласно информации, представленной в Пятом докладе МГЭИК, может уменьшиться в период с 2016 по 2035 гг. в среднем на 2-9 % [5], что значительно усиливает вероятность наступления и негативные последствия маловодных периодов.

Как следует из результатов прогнозов МГЭИК, применительно к бассейну реки Днепр в наиболее обобщенном виде среднегодовой сток в бассейне может измениться незначительно, причем в среднем в пределах 2-5 % оценивается его прогнозное снижение. Вместе с тем, наиболее проблемным может быть период летне-осенней межени, при котором среднее снижение стока может достигать 7-15 %. В зимний период сток может в среднем увеличиться на 5-10 %.

Из обобщенного прогноза поверхностного стока с учетом изменения климата следует, что вероятное прогнозное сокращение поверхностного стока в летне-осенний период особенно негативно может сказаться на малых водотоках, среднегодовой расход воды которых в маловодный год в современных условиях составляет менее $0,05 \text{ м}^3/\text{с}$. При этом вообще может произойти пересыхание этих водотоков и прекращение их функционирования как водных объектов. Этот вывод также подтвердили экспедиционные исследования, проведенные в 2013, 2014 и 2015 годах в период летне-осенней межени.

В результате выполненных работ была получена полная и надежная информация об основных статистических характеристиках многолетних рядов минимальных среднемесячных расходов воды за период зимней и летне-осенней межени. Полученные данные с учетом удлиненных (восстановленных) рядов стока позволили получить в расчетном створе следующие характеристики: средняя величина минимального среднемесячного расхода воды (за зимнюю и летне-осеннюю межень) за весь период многолетних наблюдений и соответствующее значение коэффициента вариации (C_v). По каждому речному створу оценено 16 статистических параметров и 8 для летне-осенней межени). Весь массив этих параметров описывает многолетние особенности меженных расходов воды по 26 створам в бассейне р. Днепр. В случае необходимости были проведены работы по удлинению (либо заполнению в пропусках наблюдений) исходных гидрометрических рядов, используя методы корреляционного анализа и гидрологической аналогии. Полученные таким образом основные статистические характеристики зимней и летне-осенней межени оказались достаточными для проведения оценки тенденций изменения меженных среднемесячных расходов воды во времени и пространстве. Статистические характеристики стока рек в меженные периоды (зима и лето-осень) в бассейне р. Днепр представлены в таблице 1 для малых трансграничных водотоков формирующихся на территории Республики Беларусь и в таблице 2 для малых трансграничных водотоков формирующихся на территории Российской Федерации.

Для получения более полной картины количественной характеристики колебания водности в период зимней и летне-осенней межени на реках в бассейне Днепра на основании полученных статистических характеристик были выполнены расчеты модулей минимального стока в меженные периоды.

Проведенный анализ величин меженного минимального стока показал, что величина модуля минимального летне-осеннего стока меньше зимнего для бассейна р. Днепр – на 20-65 %.

Практически на всех реках в бассейне р. Днепр прослеживается закономерность к повышению водности в зимнюю межень на 32-75 %, также произошли изменения в структуре меженных периодов. За последние 35 лет были отмечены тенденции в смещении частоты попадания минимального расхода в течение года с зимних периодов на летне-осенние периоды.

Полученный материал показал, что в бассейне р. Днепр произошло заметное увеличение меженных расходов воды только за период зимней межени (в среднем составляет от 30 до 75%). Чаще всего момент изменения в тенденции многолетних колебаний зимних меженных расходов воды приходится на 1983 г. В бассейне реки Днепр летне-осенние меженные расходы воды за многолетний период гидрологических наблюдений отличаются естественным ходом циклических колебаний естественного характера.

Таблица 1 – Статистические характеристики меженных периодов (зима и лето-осень) трансграничных рек на границе Республики Беларусь и Российской Федерации в бассейне реки Днепр

| № п/п | Река – створ | Площадь водосбора, км ² | Межень | Средний расход воды, м ³ /с (Q ср) | Прогнозный расход воды (средний за период), м ³ /с (Q пр) | Коэффициент вариации (Cv) | Ординаты эмпирических кривых обеспеченностей, м ³ /с | | | | | Наименьший среднемесячный расход воды, м ³ /с (Q мин) | Прогнозный наименьший среднемесячный расход воды, м ³ /с (Q мин пр) |
|-------|--------------|------------------------------------|--------|---|--|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|--|--|
| | | | | | | | 50% | 75% | 80% | 90% | 95% | | |
| 1. | Вязовка | 49,0 | зима | 0,076 | 0,068 | 0,55 | 0,065 | 0,049 | 0,047 | 0,044 | 0,033 | 0,0027 | 0,0024 |
| | | | ЛЮ* | 0,060 | 0,054 | 0,70 | 0,048 | 0,033 | 0,028 | 0,022 | 0,016 | 0,0011 | 0,00099 |
| 2. | Меряя | 63,2 | зима | 0,098 | 0,088 | 0,56 | 0,084 | 0,063 | 0,060 | 0,056 | 0,042 | 0,035 | 0,031 |
| | | | ЛЮ | 0,077 | 0,070 | 0,72 | 0,062 | 0,041 | 0,033 | 0,028 | 0,021 | 0,014 | 0,0126 |
| 3. | Ипуть | 310 | зима | 1,12 | 0,99 | 0,55 | 0,62 | 0,43 | 0,40 | 0,37 | 0,31 | 0,22 | 0,194 |
| | | | ЛЮ | 0,90 | 0,792 | 0,40 | 0,50 | 0,40 | 0,34 | 0,28 | 0,25 | 0,16 | 0,141 |
| 4. | Ректа | 14,8 | зима | 0,053 | 0,046 | 0,53 | 0,030 | 0,021 | 0,019 | 0,018 | 0,015 | 0,010 | 0,0087 |
| | | | ЛЮ | 0,043 | 0,037 | 0,42 | 0,024 | 0,019 | 0,016 | 0,013 | 0,012 | 0,0074 | 0,0064 |
| 5. | Витава | 42,5 | зима | 0,15 | 0,13 | 0,52 | 0,085 | 0,06 | 0,055 | 0,051 | 0,043 | 0,030 | 0,026 |
| | | | ЛЮ | 0,12 | 0,10 | 0,41 | 0,068 | 0,055 | 0,047 | 0,038 | 0,034 | 0,021 | 0,019 |
| 6. | Кавпита | 5,40 | зима | 0,019 | 0,016 | 0,54 | 0,016 | 0,008 | 0,007 | 0,006 | 0,005 | 0,004 | 0,0034 |
| | | | ЛЮ | 0,016 | 0,014 | 0,43 | 0,008 | 0,007 | 0,006 | 0,005 | 0,004 | 0,003 | 0,0026 |
| 7. | Беседь | 3030 | зима | 5,25 | 4,52 | 0,54 | 4,45 | 3,31 | 3,01 | 2,72 | 2,31 | 1,28 | 1,10 |
| | | | ЛЮ | 4,05 | 3,48 | 0,52 | 3,58 | 2,42 | 2,18 | 1,77 | 1,27 | 0,63 | 0,54 |
| 8. | Олешня | 132 | зима | 0,48 | 0,41 | 0,55 | 0,26 | 0,18 | 0,17 | 0,16 | 0,13 | 0,092 | 0,080 |
| | | | ЛЮ | 0,38 | 0,33 | 0,42 | 0,21 | 0,17 | 0,15 | 0,12 | 0,11 | 0,066 | 0,057 |
| 9. | Десенка | 59,9 | зима | 0,22 | 0,19 | 0,53 | 0,12 | 0,084 | 0,078 | 0,072 | 0,060 | 0,042 | 0,036 |
| | | | ЛЮ | 0,17 | 0,15 | 0,40 | 0,10 | 0,078 | 0,066 | 0,054 | 0,048 | 0,030 | 0,026 |
| 10. | Палуж | 220 | зима | 0,79 | 0,70 | 0,51 | 0,44 | 0,31 | 0,29 | 0,26 | 0,22 | 0,15 | 0,129 |
| | | | ЛЮ | 0,64 | 0,55 | 0,41 | 0,35 | 0,29 | 0,24 | 0,20 | 0,18 | 0,11 | 0,095 |
| 11. | Дороговша | 13,2 | зима | 0,048 | 0,041 | 0,52 | 0,026 | 0,018 | 0,017 | 0,016 | 0,013 | 0,092 | 0,079 |
| | | | ЛЮ | 0,038 | 0,032 | 0,43 | 0,021 | 0,017 | 0,015 | 0,012 | 0,011 | 0,066 | 0,057 |
| 12. | Колпита | 230 | зима | 0,38 | 0,33 | 0,56 | 0,32 | 0,25 | 0,23 | 0,20 | 0,15 | 0,038 | 0,033 |
| | | | ЛЮ | 0,29 | 0,25 | 0,53 | 0,26 | 0,19 | 0,16 | 0,13 | 0,095 | 0,017 | 0,015 |
| 13. | Очеса | 185 | зима | 0,52 | 0,44 | 0,39 | 0,56 | 0,40 | 0,32 | 0,30 | 0,22 | 0,21 | 0,176 |
| | | | ЛЮ | 0,40 | 0,34 | 0,36 | 0,29 | 0,24 | 0,22 | 0,20 | 0,17 | 0,073 | 0,061 |

Примечание: *- лето-осень (ЛЮ)

Таблица 2 – Статистические характеристики меженных периодов (зима и лето-осень) трансграничных рек на границе Российской Федерации и Республики Беларусь в бассейне реки Днепр

| № п/п | Река – створ | Площадь водосбора, км ² | Межень | Средний расход воды, м ³ /с (Q ср) | Прогнозный расход воды (средний за период), м ³ /с (Q пр) | Коэффициент вариации (Cv) | Ординаты эмпирических кривых обеспеченностей, м ³ /с | | | | | Наименьший среднемесячный расход воды, м ³ /с (Q мин) | Прогнозный наименьший среднемесячный расход воды, м ³ /с (Q мин пр) |
|-------|--------------|------------------------------------|--------|---|--|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|--|--|
| | | | | | | | 50% | 75% | 80% | 90% | 95% | | |
| 1. | Вихра | 1988 | зима | 4,17 | 3,71 | 0,56 | 3,78 | 2,38 | 2,19 | 1,87 | 1,65 | 0,50 | 0,445 |
| | | | ЛЮ* | 3,58 | 3,19 | 0,55 | 3,18 | 2,19 | 1,98 | 1,57 | 0,50 | 0,42 | 0,374 |
| 2. | Соож | 3020 | зима | 7,46 | 6,64 | 0,46 | 6,42 | 5,06 | 4,81 | 4,31 | 3,77 | 2,21 | 1,97 |
| | | | ЛЮ | 6,78 | 6,03 | 0,44 | 6,25 | 4,97 | 4,78 | 3,99 | 2,90 | 1,05 | 0,93 |
| 3. | Скверетянка | 130 | зима | 0,27 | 0,24 | 0,54 | 0,25 | 0,16 | 0,14 | 0,12 | 0,11 | 0,033 | 0,029 |
| | | | ЛЮ | 0,23 | 0,202 | 0,55 | 0,21 | 0,14 | 0,13 | 0,10 | 0,033 | 0,027 | 0,024 |
| 4. | Соженка | 294 | зима | 0,62 | 0,546 | 0,56 | 0,55 | 0,35 | 0,32 | 0,28 | 0,24 | 0,074 | 0,065 |
| | | | ЛЮ | 0,53 | 0,466 | 0,54 | 0,47 | 0,32 | 0,29 | 0,23 | 0,074 | 0,053 | 0,046 |
| 5. | Остер | 2908 | зима | 7,18 | 6,32 | 0,45 | 6,19 | 4,88 | 4,64 | 4,15 | 3,63 | 2,12 | 1,87 |
| | | | ЛЮ | 6,53 | 5,75 | 0,44 | 6,02 | 4,78 | 4,60 | 3,84 | 2,79 | 1,01 | 0,88 |
| 6. | Беседь | 282 | зима | 1,02 | 0,887 | 0,55 | 0,55 | 0,40 | 0,38 | 0,33 | 0,29 | 0,19 | 0,165 |
| | | | ЛЮ | 0,81 | 0,704 | 0,40 | 0,47 | 0,36 | 0,31 | 0,25 | 0,23 | 0,14 | 0,121 |
| 7. | Ольшевка | 81 | зима | 0,29 | 0,252 | 0,55 | 0,54 | 0,16 | 0,12 | 0,11 | 0,095 | 0,084 | 0,073 |
| | | | ЛЮ | 0,23 | 0,200 | 0,40 | 0,41 | 0,14 | 0,10 | 0,089 | 0,073 | 0,065 | 0,057 |
| 8. | Жадунь | 56 | зима | 0,20 | 0,17 | 0,54 | 0,53 | 0,11 | 0,08 | 0,075 | 0,065 | 0,058 | 0,050 |
| | | | ЛЮ | 0,16 | 0,139 | 0,41 | 0,42 | 0,093 | 0,071 | 0,062 | 0,050 | 0,045 | 0,039 |
| 9. | Дороговша | 253 | зима | 0,92 | 0,791 | 0,56 | 0,55 | 0,50 | 0,36 | 0,34 | 0,30 | 0,26 | 0,223 |
| | | | ЛЮ | 0,73 | 0,628 | 0,40 | 0,40 | 0,42 | 0,32 | 0,28 | 0,23 | 0,20 | 0,172 |
| 10. | Беседь | 4226 | зима | 7,00 | 5,95 | 0,56 | 0,56 | 5,91 | 4,55 | 4,25 | 3,60 | 2,68 | 2,28 |
| | | | ЛЮ | 5,40 | 4,59 | 0,53 | 0,53 | 4,86 | 3,45 | 2,98 | 2,36 | 1,74 | 1,48 |
| 11. | Столбунка | 96 | зима | 0,10 | 0,085 | 0,65 | 0,65 | 0,10 | 0,066 | 0,059 | 0,044 | 0,033 | 0,028 |
| | | | ЛЮ | 0,081 | 0,069 | 0,45 | 0,49 | 0,034 | 0,019 | 0,018 | 0,015 | 0,011 | 0,0093 |
| 12. | Ипуть | 9646 | зима | 27,1 | 22,76 | 0,39 | 0,39 | 29,2 | 20,6 | 16,5 | 15,5 | 11,4 | 9,58 |
| | | | ЛЮ | 20,9 | 17,56 | 0,36 | 0,36 | 15,1 | 12,3 | 11,7 | 10,6 | 9,12 | 7,66 |
| 13. | Грязлинка | 47 | зима | 0,067 | 0,056 | 0,66 | 0,66 | 0,025 | 0,017 | 0,015 | 0,011 | 0,008 | 0,0067 |
| | | | ЛЮ | 0,053 | 0,044 | 0,48 | 0,48 | 0,016 | 0,009 | 0,008 | 0,007 | 0,006 | 0,005 |

Примечание: * - лето-осень (ЛЮ)

Можно говорить о том, что в формировании минимального летне-осеннего стока на реках в бассейне Днепр на современном этапе произошли существенные изменения, которыми уже нельзя пренебрегать при решении различных водохозяйственных задач.

Список использованных источников

1 Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 5. Белоруссия и Верхнее Поднепровье Ч. I. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1966. – 718 с.

2 Рекомендации по расчету минимально допустимых расходов воды, не подлежащих изъятию из рек, в условиях Республики Беларусь // Минск, Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 2003.

3 Багров, Н.А. К вопросу о парниковом разогреве климатической системы Земли // Метеорология и гидрология. 1994, № 1. - С. 92-99.

4 Изменение климата, 2013 г. Физическая научная основа. Вклад Рабочей группы I в Пятый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [Резюме для политиков]. – Женева : МГЭИК, 2013. – 28 с. // Материалы МГЭИК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> - Дата доступа 15.08.2016 г.

5 Глава 11 «Краткосрочные изменения климата: прогнозы и их предсказуемость» Пятого доклада МГЭИК// Материалы МГЭИК, р.987 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> – Дата доступа 16.08.2016 г.

УДК 551.49(476)

А.А. Волчек¹, проф., д-р геогр. наук; И.И. Кирвель², проф., д-р геогр. наук

¹Брестский государственный технический университет, г. Брест,

²Академия Поморска, г. Слупск, Польша

НЕКОТОРЫЕ ЗАДАЧИ В ОБЛАСТИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БЕЛАРУСИ

Главной задачей в исследовании водных ресурсов на нынешнем этапе является их комплексная оценка современного состояния с учетом пространственно-временных колебаний и изменений основных составляющих водного баланса речных водосборов. При этом необходимо учитывать влияния на них различных природных и антропогенных факторов, прогноз изменения водных ресурсов при различных сценариях развития климата. На основе полученных научных результатов разработать мероприятия по минимизации возможных негативных последствий в случае изменения режима водных ресурсов.

Дальнейшие исследования целесообразно сосредоточить на следующих основных направлениях:

- предотвращение и уменьшение негативных последствий от наводнений;
- улучшение качества природных вод;
- охрана водных источников при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов народного назначения;
- управление режимом природных вод, обеспечивающим биосферное функционирование природных экосистем;
- создание бассейновых схем управления водными ресурсами.

В области изучения и борьбе с наводнениями:

- районирование и картирование пойм по величине наводнений с учетом вида хозяйственного использования территории;
- разработка математической модели и создание соответствующих баз данных для прогнозирования наводнений;

- разработка противопаводковых мероприятий в долинах рек с учетом всего водосбора;
- определение видов хозяйственной деятельности, которым при затоплении будет нанесен минимальный ущерб;
- создание надежных инженерных сооружений по защите сельскохозяйственных земель и хозяйственных объектов с минимальными нарушениями природных биогеоценозов;
- оптимизированное сочетание инженерных методов защиты населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий с не инженерными. Создание гибкой системы по страхованию от наводнений;
- разработка системы оповещения населения о времени наступления наводнения, о максимально возможных отметках его уровня и продолжительности в сутках;
- разработка единой методики учета последствий от наводнений.

В области улучшения качества природных вод являются:

- оценка современного состояния загрязнения поверхностных и подземных вод и прогноз на ближайшую перспективу;
- оценка величины трансграничного переноса загрязняющих веществ для рек. Оптимизация сети наблюдений за качеством природных вод;
- разработка эффективных методов очистки природных и сточных вод;
- разработка компенсационных мероприятий для снижения негативных последствий вызванных ухудшением качества речных вод;
- разработка мероприятий по снижению загрязнения поверхностных и подземных вод при разработке месторождений полезных ископаемых;
- разработка мероприятий по улучшению качества подземных вод на групповых водозаборах основных населенных пунктов;
- разработка мероприятий по регулированию стока, подаче воды из вне, повторному использованию дренажных вод, а также исследование возможности применения нетрадиционных способов, методов и источников покрытия дефицитов влажности почвы сельскохозяйственных полей;
- оценка последствий изменений гидробиологического режима рек, вызванные изменением гидрологического режима рек, повышением температуры воздуха, ухудшением кислородного режима, снижением интенсивности процессов самоочищения;
- разработка методики оценки ущерба от загрязнения вод с учетом экологической безопасности для человека и окружающей природной среды.

На бассейновом уровне необходимо решить следующие задачи:

- дать оценку современного состояния и на перспективу водных ресурсов с учетом их колебаний и влияния на них различных природных и антропогенных факторов;
- разработать бассейновую схему управления водными ресурсами основных рек;
- разработать модель функционирования бассейна малых рек и на ее основе оптимизировать комплексное использование водных ресурсов этих бассейнов;
- разработать методы эксплуатации работы бесплотинных водозаборов, водного транспорта, рекреационных мест и т. д. в условиях уменьшения стока;
- дать экономическое обоснование расчетной обеспеченности водохозяйственных объектов в связи с уменьшением водных ресурсов.

Проблема адаптации водных ресурсов к изменению климата является новой и неопределенной проблемой. В тоже время вследствие изменения климата могут усугубиться некоторые современные проблемы водохозяйственного комплекса Беларуси, а также появиться новые, не характерные для нынешних условий. Поэтому разработка адаптационных мер и их реализация является неотложной задачей.

В связи с тем, адаптация водных ресурсов к изменению климата требует индивидуальных подходов в каждом конкретном случае, рассмотрим наиболее общие возможные меры по адаптации, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Возможные меры по адаптации водных ресурсов Беларуси к изменению климата

| Повышенная опасность наводнений | Повышенная опасность засухи | Ухудшение качества воды |
|---|--|---|
| Предотвращение/повышение устойчивости | | |
| <p>Ограничение городской застройки в зонах, подверженных риску наводнения.</p> <p>Меры по поддержанию безопасности дамб, лесонасаждение и другие структурные мероприятия по предотвращению затопления территорий.</p> <p>Изменения в режиме эксплуатации водохранилищ и озер.</p> <p>Управление землепользованием.</p> <p>Обустройство мест аккумуляции стока.</p> <p>Расширение возможностей дренирования территорий.</p> <p>Конструкционные (структурные) меры (временные дамбы, строительство устойчивого жилья, изменение транспортной инфраструктуры).</p> <p>Переселение людей из зон, подверженных высокому риску.</p> | <p>Сокращение потребностей в воде.</p> <p>Водосберегающие меры / эффективное использование воды.</p> <p>Совершенствование технологий по утилизации и повторному использованию сточных вод.</p> <p>Водосбережение (системы выдачи разрешений для водопользователей, просвещение и повышение информированности и т.д.).</p> <p>Управление землепользованием.</p> <p>Улучшение технологий и эффективного использования воды.</p> <p>Повышение степени доступности водных ресурсов.</p> <p>Улучшение водного баланса ландшафта.</p> <p>Совершенствование стратегии устойчивого использования подземных вод.</p> <p>Строительство новых сетей водоснабжения и водопользования.</p> <p>Выявление и оценка альтернативных стратегических водных ресурсов (поверхностных и подземных).</p> <p>Выявление и оценка альтернативных технологических решений (повторное, использование сточных вод и т.д.).</p> <p>Увеличение емкостей хранилищ (для поверхностных и подземных вод) как естественных, так и искусственных.</p> <p>Создания дополнительной инфраструктуры водоснабжения.</p> <p>Экономические инструменты, такие как установка счетчиков, ценовая политика.</p> <p>Механизм перераспределения водных ресурсов для наиболее приоритетных нужд.</p> <p>Снижение утечек в распределительной сети.</p> <p>Снижение водопотребления в мелиорации за счет изменения севооборотов и методов орошения.</p> | <p>Предотвращение сброса и очистка мест сброса отходов в зонах, подверженных риску наводнений.</p> <p>Улучшение очистки сточных вод.</p> <p>Регулирование стока сточных вод.</p> <p>Улучшение системы забора воды для питьевых нужд.</p> <p>Безопасность и эффективность систем сточных вод.</p> <p>Изоляция мест сброса отходов в зонах, подверженных риску наводнения.</p> <p>Временные устройства для хранения сточных вод.</p> <p>Защита водосбора (расширение охраняемых территорий и т.д.).</p> |
| Подготовительные меры | | |
| <p>Предупреждение о наводнениях (включая раннее предупреждение).</p> <p>Планирование на случай чрезвычайных ситуаций (включая эвакуацию).</p> <p>Риск внезапных наводнений (меры, принимаемые в порядке предотвращения).</p> <p>Картирование угроз и риска наводнений.</p> | <p>Разработка плана борьбы с засухой.</p> <p>Изменение правил эксплуатации водохранилищ.</p> <p>Определение приоритетности видов водопользования.</p> <p>Ограничение забора воды для отдельных видов пользования.</p> <p>Планирование на случай чрезвычайных ситуаций.</p> <p>Повышение информированности.</p> <p>Оповещение населения об опасности.</p> <p>Подготовка и тренировки.</p> | <p>Ограничения на сброс сточных вод и реализация аварийных систем хранения воды.</p> <p>Регулярный мониторинг за качеством питьевой воды.</p> |

Окончание таблицы 1

| Повышенная опасность наводнений | Повышенная опасность засухи | Ухудшение качества воды |
|---|-----------------------------|-------------------------|
| Ответные меры | | |
| Медицинская помощь в чрезвычайных обстоятельствах Распределение безопасной питьевой воды Обеспечение санитарной безопасности Определение приоритетности и типа распределения (вода в бутылках, пластиковые пакеты и т.д.) | | |
| Восстановительные меры | | |
| Мероприятия по очистке Варианты восстановления, например, реконструкция инфраструктуры Аспекты управления, такие как законодательство, в частности, в области страхования, четкая политика восстановления, надлежащие институциональные механизмы, планы и потенциал, сбор и распространение информации Специально разработанные проекты: новая инфраструктура, лучшие школы, госпитали Все виды финансовой и экономической поддержки Специальное налогообложение для инвестиций, компаний, населения Страхование Оценка | | |

Полученные результаты требуют дальнейшей апробации с привлечением массовых экспериментальных данных, анализа возможных ошибок прогноза практической разработки на их основе компенсационных мероприятий по уменьшению последствий влияния изменения климата на водные ресурсы Беларуси.

Прогнозируемое потепление климата и неизбежный рост хозяйственного освоения речных долин, в связи с ростом населения, несомненно, приведут к увеличению повторяемости и разрушительной силы наводнений. Поэтому необходимо усилить научно-исследовательские, организационные и практические работы, направленные на уменьшение ущербов от наводнений. Предотвращение стихийных бедствий в 50...70 раз уменьшит затраты на ликвидацию последствий наводнений.

Анализ структуры сложившейся системы защиты от наводнений в пойме р. Припять, опыта ее эксплуатации, итогов прохождения половодья 1999 г. показывает, что применение чисто инженерных способов не обеспечивает существенное снижение ущербов от наводнений при эффективном использовании пойменных территорий.

Необходимо сочетать инженерные методы защиты (регулирование стока водохранилищами, строительство дамб обвалования приречных территорий, спрямление и углубление речного русла в целях ускорения стока паводковых вод, строительство каналов для отвода вод в естественные понижения рельефа, подсыпка территорий и др.) с неинженерными. К последним относится разработка экономических и юридических норм с учетом особенностей использования паводкоопасных территорий. К ним в первую очередь принадлежат: ограничение или полное запрещение таких видов хозяйственной деятельности, в результате которых возможно усиление наводнений, а также расширение мероприятий, направленных на создание условий, ведущих к уменьшению стока. Кроме того, должны выбираться и осуществляться такие виды хозяйственной деятельности, которым при затоплении будет нанесен наименьший ущерб.

Инженерные сооружения по защите земель и хозяйственных объектов должны быть надежны, и вместе с тем их осуществление должно быть связано с минимальными нарушениями природной среды.

При разработке противопаводковых мероприятий в долинах рек следует рассматривать весь водосбор, а не его отдельные участки, поскольку локальные противопаводковые мероприятия, не учитывающие всю ситуацию прохождения паводка в долине реки, могут не только не дать экономического эффекта, но и существенно ухудшить ситуацию в целом и привести в результате к еще большему ущербу от наводнения.

При хозяйственном освоении паводкоопасных территорий в долинах рек следует проводить детальные технико-экологические исследования, с целью выявления путей получения максимально возможного экономического эффекта от освоения этих территорий и вместе с тем сведение к минимуму возможного ущерба от наводнений.

Решение этого вопроса невозможно без разработки и дальнейшего совершенствования методики расчета как прямых, так и косвенных ущербов от наводнений. Объективное определение ущерба от наводнений имеет важнейшее значение для правильного выбора стратегии и тактики борьбы с этим стихийным бедствием. Точная оценка потерь фактических и возможных как в период, так и после наводнения позволяет выбрать оптимальный вариант мероприятий по предотвращению и ликвидации нарушений и ущербов, вызываемых наводнениями. Определение ущербов очень важно, в частности, для оценки экологической целесообразности и эффективности систем инженерной защиты, а также страхования населения и юридических лиц. Гибкая программа по страхованию от наводнений, сочетающая как обязательные, так и добровольные его формы может быть лучшим инструментом по регулированию землепользования на паводкоопасных территориях.

При этом, должна существовать четко работающая система по прогнозированию паводков и извещению населения о времени наступления наводнения, о максимально возможных отметках его уровня и продолжительности. Большое внимание следует уделять заблаговременному информированию населения о возможности наводнения, разъяснению вероятных его последствий и мерах, которые следует предпринимать в случае затопления. В паводкоопасных районах должна быть широко развернута пропаганда знаний о наводнениях. Все государственные структуры, а также каждый житель должны ясно представлять, что им надлежит делать до, в период и после наводнения. Прогнозирование паводков должно осуществляться на основе развития широкой службы наблюдений за гидрометеорологической обстановкой (следует заметить, что за последние годы произошло значительное сокращение наблюдательных постов гидрометеослужбы). Необходимо непрерывно обеспечивать гидрометеослужбу современным оборудованием – автоматизированными системами сбора и обработки информации, использовать радарные установки и искусственные спутники Земли.

Достаточно сложная ситуация наблюдается с информацией по р. Припять. Это связано, в первую очередь, с необходимостью учета речного стока по большому количеству отдельных притоков (со стороны Украины) и с ограниченными гидрологическими наблюдениями непосредственно на границе. Открытые, после наводнения 1999 г., новые посты гидрологических наблюдений не могут в полной мере решить эту задачу.

Должны быть осуществлены четкое районирование и картирование пойм с нанесением границ половодий и паводков различной водообеспеченности. С учетом вида хозяйственного использования территории рекомендуется выделить зоны с 20 %-ной обеспеченностью паводка для сельскохозяйственных угодий, 5 %-ной – для строений в сельской местности, 1 %-ной – для городских территорий и 0,3 %-ной – для железных дорог. Само собой разумеется, что в разных природных зонах и экологических районах число зон и принципы их выделения могут в какой-то степени измениться. Однако практически везде участки поймы, затопляемые чаще, чем один раз в 5 лет, могут использоваться только под многолетние травы.

Сочетание инженерных и неинженерных способов защиты от наводнений при наличии эффективной службы эксплуатации позволит в значительной степени уменьшить негативные последствия от наводнений.

Особое внимание необходимо обратить на влияние искусственного изменения условий формирования максимального стока на гидрологические и гидравлические параметры стока, прогнозирование масштабов наводнений и выработку стратегии управления, позволяющей минимизировать отрицательные последствия наводнений, определение путей эффективного использования пойменных территорий, потенциал которых достаточно высок.

Исходя из мирового и отечественного опыта в качестве основы стратегии, направленной на защиту и снижение ущербов от наводнений в Республике Беларусь, необходимо:

- разработать единую государственную политику в области борьбы с наводнениями, механизмов ее реализации, определить задачи и ответственность всех уровней государственной власти, разграничить полномочия, создать систему финансового обеспечения противопаводковых мероприятий;
- создать и развить механизм регулирования хозяйственного использования территорий, подверженных затоплениям, включающий административные и экономические меры;
- осуществить комплексные инженерно-технические мероприятия и обеспечить их надежность;
- совершенствовать систему мониторинга и прогнозировать наводнения. Восстановить и расширить сеть гидрометеонаблюдений;
- развить научно-техническое, информационное, нормативно-правовое и кадровое обеспечение противопаводковых мероприятий;
- международное сотрудничество, в первую очередь в бассейнах трансграничных рек, т.к. меры по предупреждению наводнений, пропуску и снижению ущерба от них должны разрабатываться с учетом особенностей всего района водосбора, независимо от государственных границ.

Межгосударственное сотрудничество абсолютно необходимо, как минимум, на уровне министерств и других административных органов и ведомств, занимающихся вопросами водохозяйственной деятельности, регионального планирования, сельского и лесного хозяйства, транспорта, сохранения природы, здравоохранения. Межгосударственные органы должны совместно разработать долгосрочную стратегию предупреждения наводнений и защиты от них, которая охватывала бы весь трансграничный речной бассейн и всю его водную систему. Это позволило бы составить совместный план действия, содержащий все меры по управлению риском и снижению его для здоровья и материального ущерба, уменьшению масштабов наводнений, созданию и совершенствованию эффективности прогнозов и оповещения о надвигающейся угрозе затопления, разработать соответствующие меры, порядок и сроки их осуществления.

Концепция управления и рационального использования водных ресурсов региона

В основу концепции рационального использования водных ресурсов и охраны окружающей среды должен быть положен комплексный целевой подход, при котором предусматривалось бы: определение основных целей и приоритетов в водопотреблении и водопользовании, а также охране окружающей среды, обеспечивающих рациональное использование данного природного ресурса и эффективную защиту от загрязнения; выявление путей, средств и механизмов достижения этих целей; оценка эколого-экономической эффективности при применении научно-технических разработок в народном хозяйстве; формирование экологического сознания у населения. Конечным итогом должно быть улучшение социально-экономических и экологических условий проживания человека.

На первом этапе необходимо направить исследования и технические разработки на научное обеспечение следующих направлений:

- фундаментальные исследования естественных и антропогенных режимов водных объектов региона;
- изучение и кадастровая оценка водных ресурсов, представляющих непосредственное и перспективное хозяйственно-коммерческое значение;
- поиск новых и апробация существующих технологических решений по рациональному природопользованию и энергосбережению;
- комплексная научно-прикладная инвентаризация уникальных водных объектов;
- изучение причинно-следственных закономерностей качества природных вод и здоровья человека;
- формирование многофакторных информационных и предметно-информационных банков данных для экологического мониторинга и кадастра, долгосрочного планирования социально-экономической инфраструктуры, отраслевых прогнозов, экологического образования и воспитания;
- формирование высокого общеевропейского рейтинга природоохранного и этно-экологического потенциала региона и одновременно приближение к серьезному понима-

нию Евросообществом необходимости привлечения крупных капиталовложений в поддержание стабильного природно-хозяйственного баланса в этом регионе;

- научно-информационную основу для ратификации Конвенций экологической направленности;

- интенсификация национального и транснационального экотуризма.

На втором этапе необходима разработка Национальных планов действий как по водным ресурсам, так и по другим природным сферам с целью охраны окружающей среды для обеспечения экологической безопасности Белорусского Полесья в целом, что позволит обеспечить:

- повышение эффективности водопотребления и водопользования региона на основе новых водо- и энергосберегающих и экобезопасных технологий;

- эффективное высокорентабельное использование имеющихся водных ресурсов в конкретных технологических цепях;

- надлежащую стоимостную оценку эксплуатируемых водных ресурсов и повышение коммерческого уровня местного ресурсного потенциала водных объектов в целом;

- внедрение новых способов и стандартов санитарно-экологической сертификации устойчивого качественного жизнеобеспечения людей;

- действенное сохранение ландшафтного и биологического разнообразия;

- методологическую и информационно-дифференцированную основу для устойчивого развития водопотребления и водопользования;

- схемы развития и пути ликвидации экологически аварийно опасных ситуаций;

- максимальное вовлечение рекреационного потенциала в практику здорового образа жизни и медицинской реабилитации населения.

Учитывая исключительную значимость проблемы необходима широкая кооперация усилий ученых по изучению, прогнозированию и управлению режимом и ресурсами вод Беларуси. Важно также развитие международного сотрудничества по этой проблеме путем совместного выполнения научных исследований, обмена информацией, включая разработку водных проектов.

УДК 556.5.06 (476)

А.А. Волчек, д-р геогр. наук, профессор, декан факультета инженерных систем и экологии;

Т.Е. Зубрицкая, старший преподаватель

Брестский государственный технический университет, г. Брест

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ НА ВОДОСБОРАХ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК БЕЛАРУСИ

Водные ресурсы – важнейший компонент природно-ресурсного потенциала страны, который интенсивно используется населением и различными отраслями экономики. Вода относится к категории возобновляемых природных ресурсов. Тем не менее, ее использование должно строго регламентироваться, т.к. ухудшение и сокращение водных ресурсов может не только нанести вред окружающей среде, снизить эффективность производства, сказаться на здоровье населения, но и стать причиной конфликтных ситуаций между государствами, расположенными в одном речном бассейне.

Необходимым и важным условием рационального использования водных ресурсов является наличие своевременной, достоверной и полной информационной базы о водных ресурсах, с помощью которой можно оценить фактическое водопотребление и водопользование, дать прогнозные оценки водных ресурсов в будущем. Кроме того, остро стоит проблема загрязнения природных вод вследствие сброса сточных вод и других видов антропогенного воздействия и одной из главных задач является сохранение требуемого качества воды во всех водных источниках. Проблема усугубляется тем, что все основные реки Беларуси яв-

ляются трансграничными, поэтому объективные оценки водных ресурсов и водопотребления по бассейнам рек, а также прогнозные оценки на перспективу крайне важны.

Целью настоящей работы является – оценка динамики водопотребления Республики Беларусь с дифференциацией его по основным трансграничным водосборам рек за период существования как суверенного государства.

Исходные данные и методы исследования

Практически все бассейны основных рек Беларуси являются трансграничными. В бассейне Балтийского моря расположены бассейны рек Западная Двина (Россия-Беларусь-Латвия), Неман (Беларусь-Литва-Россия), Западный Буг (Украина-Беларусь-Польша). В бассейне Черного моря расположен бассейн реки Днепр (Россия-Беларусь-Украина), Припять (Украина-Беларусь-Украина).

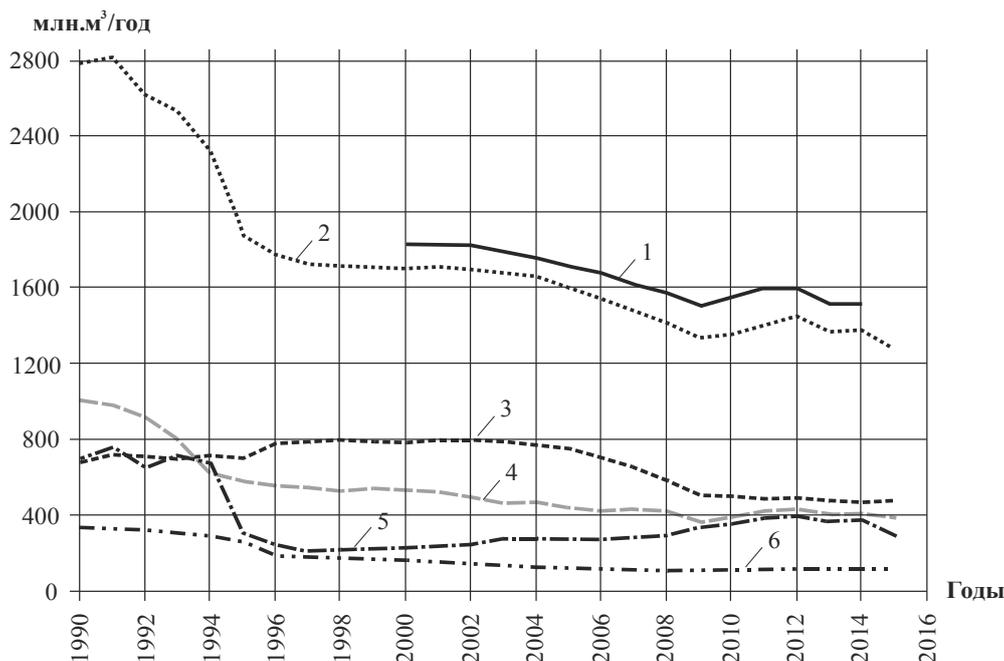
В статье представлены результаты исследования использования водных ресурсов на водосборах трансграничных бассейнов рек Республики Беларусь для различных отраслей, в частности хозяйственно-питьевое, промышленное, сельскохозяйственное водоснабжение, на нужды рыбо-прудового хозяйства [1].

Основой для комплексного анализа динамики водопотребления Республики Беларусь использованы материалы водохозяйственной статистики, почерпнутые из Статистических сборников за период с 1990 по 2015 гг., официальных сайтов Службы государственной статистики и Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь [2, 3], а использования воды основных рек Беларуси послужили данные статистической отчетности РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов» – сводные данные «Водные ресурсы, их использование и качество вод за 2000-2015 годы» [4].

Методологической основой исследований являются научные положения о стохастической природе изменчивости водопотребления, что позволило использовать современные статистические методы анализа временных рядов. Системный анализ накопленной информации и сравнительно-географический метод позволили синтезировать наиболее важные, ключевые положения пространственно-временных колебаний водопотребления.

Результаты и обсуждения

На рисунке 1 представлен хронологический ход водопотребления в Республике Беларусь за период с 1990 по 2015 гг.



1 – водозабор, 2 – общее, 3 – хозяйственно-питьевое, 4 – промышленное; 5 – рыбо-прудовое; 6 – сельскохозяйственное водопотребление

Рисунок 1 – Водопотребление в Беларуси за период с 1990 по 2015 гг

Обращают на себя внимание следующие факты:

– динамика общего водопотребления почти повторяет динамику хозяйственно-питьевого использования вод, поскольку это основной потребитель воды. За период с 1995 по 2015 гг. сокращение водопотребления составило 227,4 млн. м³/год;

– использование воды в сельском хозяйстве и промышленности изменяется медленно и незначительно влияет на общее снижение водопотребления за рассматриваемый период.

В 2015 г. общее потребление пресной воды в Республике Беларусь составляло около 1270 млн. м³/год. Из них сельское хозяйство потребляло – 109,9 млн. м³/год, население – 473,6 млн. м³/год, промышленность – 389,2 млн. м³/год.

В результате структуризации исходной информации проанализированы данные о динамике использования воды в бассейнах вышеуказанных рек за период с 2000 по 2015 гг. Большая часть в Республике Беларусь общего объема водозабора осуществляется непосредственно из реки Днепр (61,1 %).

В последние 16 лет на основных бассейнах Республики Беларусь наблюдается общая тенденция к снижению объема водозабора из природных водных источников. При этом наиболее существенно снижается забор воды из подземных источников. Только в бассейне Западный Буг наблюдается увеличение использования поверхностных вод.

В отраслевом разрезе практически все снижение водопотребления связано с уменьшением забора воды в промышленности и на хозяйственно-питьевые нужды.

Распределение отводимых сточных вод по главным бассейнам соответствует пропорциям, сложившимся между объемами забора и использования воды. Основная доля отводимых сточных вод поступает в р. Днепр (64,3 %).

В структуре сточных вод, сбрасываемые в водные объекты Республики преобладают нормативно-очищенные (71 %), без очистки (более 28 %) и загрязненные (менее 1 %).

Рассмотрим изменения использования вод по каждому из основных водосборов.

1. Водосбор реки Днепр.

От истока до устья Днепр протекает по территории трёх государств: России, Беларуси и Украины. На территории Беларуси бассейн расположен в Витебской, Могилевской, Минской и Гомельской областях.

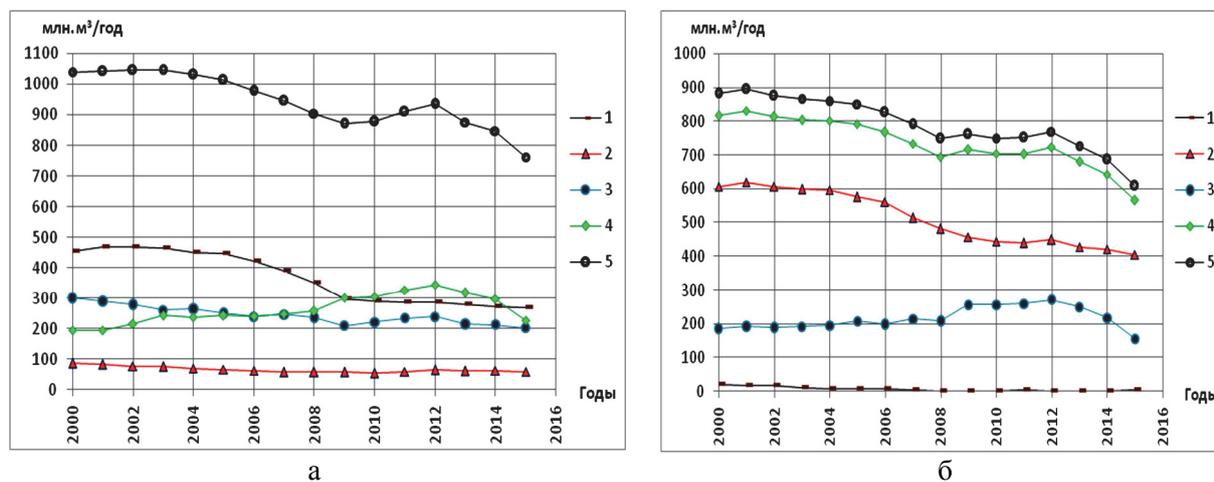
За период с 2000 по 2015 гг. количество отчитывающихся водопользователей варьировалось от 1709 до 2671. Общий водозабор составляющий в 2000 г. 1116 млн. м³ уменьшился к 2015 году в 1,2 раза, при этом забор из поверхностных вод сократился почти на 8 %, а из подземных – 23 %. Общее водоотведение также имело тенденцию к уменьшению (в 1,45 раза).

Динамика водопотребления и водоотведения в бассейне р. Днепр за период с 2000 по 2015 гг. представлена на рисунке 2.

Водоснабжение на хозяйственно-питьевые нужды в 2000 г. составляло 44 %, а к 2015 г. этот показатель снизился до 35 % и происходит это главным образом из-за продолжающегося роста приборного учета использования воды в жилом фонде городов и городских поселков и усилением водосбережения в организациях. Доля промышленного водоснабжения в бассейне Днепра составляет 29 % и 27 % от общего водопотребления для 2000 и 2015 гг. соответственно. Водопотребление для целей сельскохозяйственного производства составило 60,4 млн. м³ в 2015 г., что на 30 % меньше, чем в 2000 г. Что касается использования воды на рыбное прудовое хозяйство в бассейне реки Днепр то в сравнении с 2000 годом, где показатель составил 193,8 млн. м³, прослеживается увеличение к 2012 г. – 343,8 млн. м³, а затем постепенный спад водопотребления. Орошение зависит от климатических условий и значительных изменений за период 16 лет не наблюдается. Безвозвратное водопотребление составляет одну четвертую часть от общего (около 260 млн. м³). Его величины на протяжении 15 лет не остаются постоянными, а имеют некоторый колебательный характер.

Годовой объем водоотведения в бассейне Днепра за период 2000 – 2015 гг. значительно снизился: с 882,5 до 608,9 млн. м³, что обусловлено как проведением ряда водоохранных мероприятий, так и снижением потребности в воде на производстве. Самым мощным источником загрязнения водных объектов являются бытовые стоки, на которые при-

ходится две третьих годового объема сточных вод, доля стоков производства составляет четвертую часть. Из общего количества сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водоемы (566,4 млн. м³ в 2015 г.), около 27 % являются нормативно-чистыми (отводятся без очистки), 72 % – нормативно очищенными и около 1 % – загрязненными. Неочищенные сточные воды нуждаются в многократном разбавлении чистой водой. Нормативно-очищенные воды также содержат загрязнения, и для их разбавления на каждый 1 м³ требуется до 6-12 м³ свежей воды.



- а
- 1 – хозяйственно-питьевое,
 - 2 – сельскохозяйственное,
 - 3 – промышленное;
 - 4 – рыбо-прудовое;
 - 5 – общее.

- б
- 1 – загрязненной,
 - 2 – нормативно-очищенной,
 - 3 – без очистки;
 - 4 – в поверхностные водные источники;
 - 5 – общее водоотведение

Рисунок 2 – Динамика водопотребления (а) и водоотведения (б) в бассейне реки Днепр за период с 2000 по 2015 гг.

Эффективным методом борьбы с загрязнением водоемов является внедрение повторного и оборотного водоснабжения на промышленных предприятиях. В настоящее время объем оборотного и последовательного использования воды в процентном отношении к общему объему водопотребления на производственные нужды в бассейне Днепра достигает 94 %.

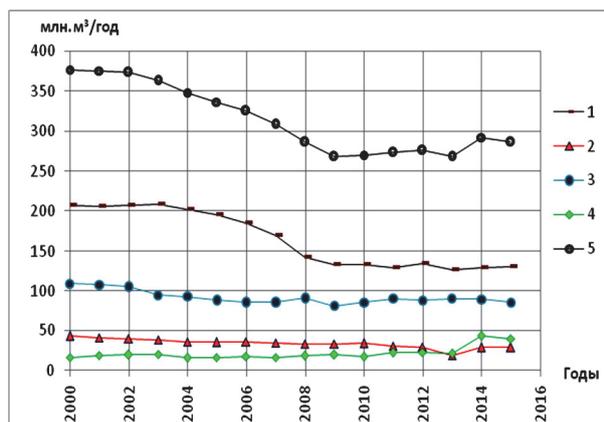
2. Водосбор реки Неман.

Река Неман, протекает по территории Беларуси, Литвы и Калининградской области России. Относится к бассейну Балтийского моря. Берёт начало на юге Минской возвышенности у села Красное Минской области. На территории Беларуси бассейн р. Неман расположен в Минской и Гродненской областях.

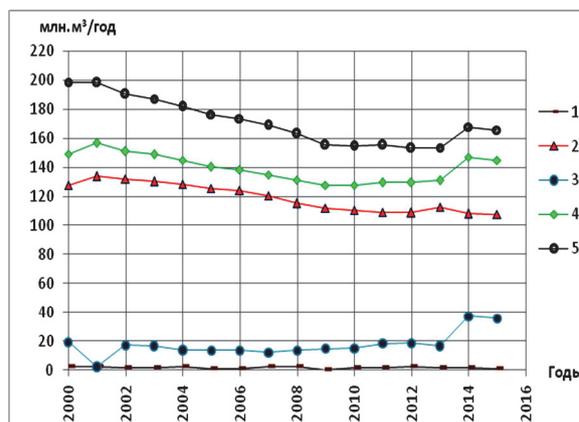
За период с 2000 по 2015 гг. количество отчитывающихся водопользователей варьировалось от 841 до 1141. Максимум общего водозабора в бассейне реки Неман наблюдался в 2000 году и составил 412 млн. м³, а к 2013 году этот показатель снизился в 1,3 раза, при этом забор из поверхностных вод сократился почти на 32 %, а из подземных – 15 %.

Динамика водопотребления и водоотведения в бассейне р. Неман за период с 2000 по 2015 гг. представлена на рисунке 3.

Водоснабжение на хозяйственно-питьевые нужды в 2000 году составляло 55 % от общего водопотребления, а к 2015 г. этот показатель снизился до 46 %. Доля промышленного водоснабжения в бассейне р. Неман составляет 29 % и 30 % от общего водопотребления для 2000 и 2015 гг. соответственно. Водопотребление для целей сельскохозяйственного производства составило 29 млн. м³ в 2015 г., что на 33 % меньше, чем в 2000 г. Использование воды на рыбное прудовое хозяйство в бассейне р. Неман к 2015 г. увеличилось в 1,5 раза по сравнению с 2000 г. и занимает 14 % общего водопотребления. Орошение за период 16 лет сократилось почти на 31 %, что связано с уменьшением орошаемых земель и изменением климата.



а



б

- 1 – хозяйственно-питьевое,
- 2 – сельскохозяйственное,
- 3 – промышленное;
- 4 – рыбо-прудовое;
- 5 – общее.

- 1 – загрязненной,
- 2 – нормативно-очищенной,
- 3 – без очистки;
- 4 – в поверхностные водные источники;
- 5 – общее водоотведение

Рисунок 3 – Динамика водопотребления (а) и водоотведения (б) в бассейне реки Неман за период с 2000 по 2015 гг.

В динамике показателей водоотведения наблюдается следующие тенденции (рисунок 3б). Общее водоотведение сократилось за период с 2000 по 2015 гг. (в 1,2 раза). Сброс воды в поверхностные источники уменьшился в 1,03 раза. При этом сброс загрязненных вод уменьшился более чем в 1,6 раз, нормативно-очищенных почти в 1,2 раза, а сброс воды без очистки наоборот возрос более чем в 1,8 раз. Основную же долю в общем сбросе в поверхностные источники составляют очищенные воды (более 70 %). Безвозвратное водопотребление уменьшилось более чем в 1,3 раза (с 308,6 млн. м³ в 2000 г. до 229,4 млн. м³).

3. Водосбор реки Западная Двина.

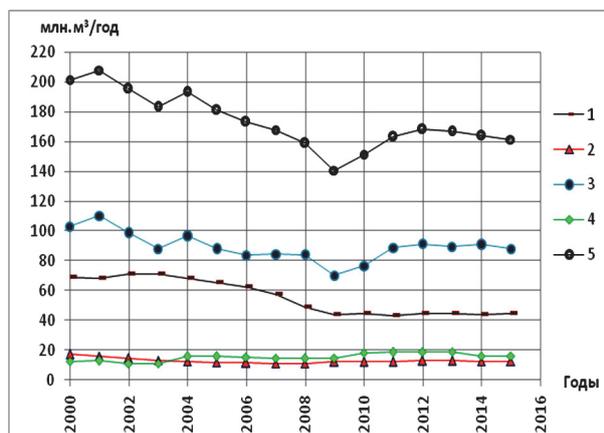
Западная Двина – река в России, Беларуси и Латвии, бассейн Балтийского моря. Бассейн реки на территории Беларуси расположен в Витебской области.

За период с 2000 по 2015 гг. количество отчитывающихся водопользователей варьировалось от 400 до 633. Общий водозабор составляющий в 2000 году 222,8 млн. м³ уменьшился к 2014 г. более чем в 1,3 раза. При этом водозабор из поверхностных источников сократился на 18 %, а из подземных – 24 %. Постепенное сокращение водозабора связано с падением объемов производства, сокращением поголовья скота и площадей орошаемого земледелия. Общее водоотведение также имело тенденцию к уменьшению почти в 1,3 раза. Динамика водопотребления и водоотведения в бассейне р. Западная Двина за период с 2000 по 2015 гг. представлена на рисунке 4.

За 16 лет структура водопотребления претерпела значительные изменения. Если в 2000 г. на хозяйственно-питьевые нужды использовалось 34 % всей воды, а на производство 51 %, то к 2015 г. эти величины стали равны 28 и 55 % соответственно. Общее использование свежей воды уменьшилось в 1,25 раза. Водопотребление для нужд сельскохозяйственного производства сократилось почти 1,4 раза. Использование воды на рыбное прудовое хозяйство в бассейне реки Западная Двина увеличилось к 2015 году в 1,3 раза. Затраты воды на орошение составляют незначительную долю от общего водопотребления и за период с 2000 по 2015 гг. практически не изменились.

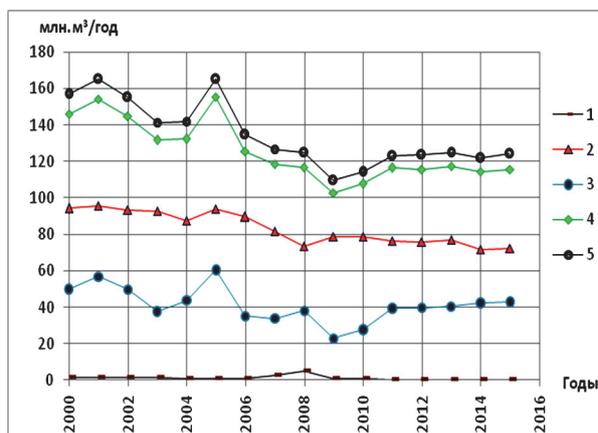
Сброс воды в поверхностные водные источники уменьшился в 1,26 раз, при этом наиболее сильно уменьшился сброс загрязненной воды в 17 раз, нормативно-очищенных вод сократилось в 1,3 раз, а вод без очистки – 1,16 раз (рисунок 4б). Основную долю в общем сбросе в поверхностные источники составляют очищенные воды (63 %).

Безвозвратное водопотребление в среднем равняется 67,7 млн. м³ и в последние годы имеет некоторую тенденцию к сокращению. В 2015 г. оно составило 61,6 млн. м³. Большую роль в этом сыграло увеличение повторного и оборотного водоснабжения.



а

- 1 – хозяйственно-питьевое,
- 2 – сельскохозяйственное,
- 3 – промышленное;
- 4 – рыбо-прудовое;
- 5 – общее.



б

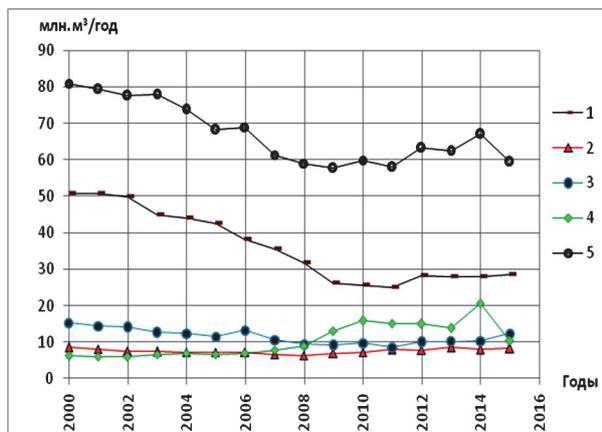
- 1 – загрязненной,
- 2 – нормативно-очищенной,
- 3 – без очистки;
- 4 – в поверхностные водные источники;
- 5 – общее водоотведение

Рисунок 4 – Динамика водопотребления (а) и водоотведения (б) в бассейне реки Западная Двина за период с 2000 по 2015 гг.

4. Водосбор реки Западный Буг.

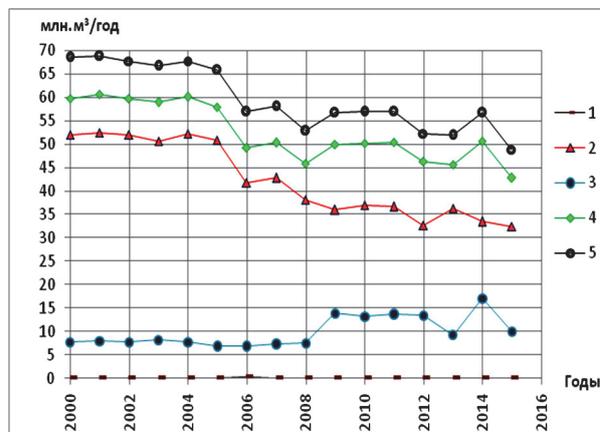
Река Западный Буг протекает по территории Украины, Беларуси и Польши. Исток реки находится на Подольской возвышенности, впадает в р. Нарев.

Основной анализ выполнен для периода 2000-2015 гг. Отчеты по водопотреблению и водоотведению представлены от 195 до 311 пользователями.



а

- 1 – хозяйственно-питьевое,
- 2 – сельскохозяйственное,
- 3 – промышленное;
- 4 – рыбо-прудовое;
- 5 – общее.



б

- 1 – загрязненной,
- 2 – нормативно-очищенной,
- 3 – без очистки;
- 4 – в поверхностные водные источники;
- 5 – общее водоотведение

Рисунок 5 – Динамика водопотребления (а) и водоотведения (б) в бассейне реки Западный Буг за период с 2000 по 2015 гг.

Значительный изменений в водозаборе за рассматриваемый период не произошло. Наблюдается некоторое уменьшение общего водозабора (в 1,2 раза), который в среднем составляет 74,8 млн. м³. Это происходит за счет уменьшения подземного водозабора почти в 1,5 раза. Использование поверхностных вод колеблется из года в год. Динамика водопотребления и водоотведения в бассейне р. Западный Буг за период с 2000 по

2015 гг. представлена на рисунок 5. Основную долю в структуре водопотребления имеет хозяйственно-питьевое водоснабжение (почти 50 %), хотя за рассматриваемый период уменьшилось в 1,8 раза. Использование воды на промышленное производство сократилось в 1,24 раза.

Водопотребление для целей сельскохозяйственного производства и орошения не имеет ярко выраженной тенденции и в среднем за 2000-2015 гг. равно 7,5 млн. м³ и 1,7 млн. м³ соответственно. Использование воды на рыбное прудовое хозяйство в бассейне реки Западный Буг к 2015 году увеличилось в 1,66 раза по сравнению с 2000 г. и занимает 17 % общего водопотребления.

Водоотведение сократилось в 1,4 раза (рисунок 5б). Сброс воды в поверхностные источники уменьшился в 1,03 раза и в среднем за 16 лет равно 59,6 млн. м³. Более 80 % сбросных вод попадает в поверхностные водные источники, из них 76 % – нормативно-очищенных, 23 % – вод без очистки и 1 % – загрязненных вод.

Безвозвратное водопотребление уменьшилось почти в 1,2 раза (с 26,2 млн. м³ в 2000 г. до 22 млн. м³).

Заключение

Современный этап использования водных ресурсов в Республике Беларусь характеризуется стабилизацией их потребления. В обозримом будущем в стране не следует ожидать значительного роста или падения водопотребления и существующие водные ресурсы в полной мере будут удовлетворять потребности всех отраслей экономики и требованиям экологического стока. Во всех крупных городах Республики Беларусь имеются очистные сооружения, однако, до сих пор существует проблема их реконструкции и углублении степени очистки биогенных элементов сбрасываемых сточных вод.

Водная стратегия Республики Беларусь разработанная на период до 2020 года позволит улучшить состояние поверхностных и подземных вод; обеспечить население, промышленность и сельское хозяйство водой надлежащего качества; уменьшить негативные последствия наводнений и засух; расширить использование водных объектов для рекреационных целей, ограничить трансграничный перенос загрязняющих веществ [5].

Список использованных источников

- 1 Природная среда Беларуси /под ред. В. Ф. Логинова Мн.: ООО «БИП-С», 2002.
- 2 Окружающая среда и природные ресурсы Республики Беларусь: Статистический сб. Минстат Республики Беларусь, НИИ статистики. Минск, 1995-2015 гг.
- 3 Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод. Минск: Минприроды Республики Беларусь, 1994-2015 гг.
- 4 Водные ресурсы, их использование и качество вод за 2000-2015 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cricuwr.by/gvk/>. – Дата доступа: 14.01.2014.
- 5 Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2020 года. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://minpriroda.gov.by/ru/new_url_1649710582-ru.

УДК 556.5

В.С. Холоденко, доц., канд. геогр. наук; Косяк Д.С., доц., канд. геогр. наук,
Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно, Украина

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЙ ВОДНОГО СТОКА РЕК

Изменения, происходящие в естественной среде и общественной сфере, влияют на водный сток рек. В случае уменьшения водных ресурсов под влиянием климатических изменений проблема водоснабжения хозяйственной сферы существенно обостряется. Также неверные стратегические концепции, принципы, методы и технологии расчетов приводят к ошибкам в сфере хозяйственного использования водных ресурсов, ухудшая экологическое, экономическое положение в стране, регионе и мире в целом.

Поэтому, важным вопросом исследования становится выбор метода обработки имеющейся гидрологической информации. Сегодня как в мире, так и в Украине почти не существует четких методических рекомендаций по получению обоснованных и достоверных оценок современных изменений водных ресурсов в условиях климатических изменений. Поэтому, наряду с вопросом, необходимости получения количественных величин изменений водного стока рек, предстает не менее важная задача по получению именно достоверных оценок таких изменений. Понятно, что, несмотря на то, что в мире применяется достаточно большое количество методов, достоверные оценки можно получить путем разработки унифицированных и обоснованных методов и методик.

Исследованием изменений речного стока в Украине в контексте глобальных и региональных изменений климата посвящено достаточно большое количество публикаций. В работах Одесских гидрологов Гопченка Е.Д., Лободы Н.С. [1, 2] были исследованы многолетние колебания водного стока рек Украины. Констатируется наличие в рядах наблюдений временных трендов, которые следует учитывать при гидрологических расчетах и прогнозах. Тренды анализировались на основе их статистической значимости.

Влияние изменений климатических условий на максимальный сток весеннего половодья рек Украинского Полесья рассмотрен в работах Войцеховича В.О., здесь выявлены нарушения однородности рядов наблюдений с начала 80-х годов XX века.

Изменения климатических показателей и их влияние на водный сток, термический и ледовый режим рек оценены в работах Вишневого В.И. Здесь изменения водного стока рек Украины проведены по оценке значимости линейных трендов рядов наблюдений. Выявленные положительные тренды речного стока, которые обусловлены увеличением количества осадков и уменьшением испарения. Априорно, при исследовании влияния климатических изменений на температуру воды и ледовый режим рек, ряды наблюдений разделены на две части: до 1980 года и после 1981 г. и включительно, температуры воды выросли в марте-апреле на $0,5^{\circ}\text{C}$, толщина льда уменьшилась почти вдвое, уменьшилась продолжительность периода с ледовыми явлениями и ледоставом.

Обобщенный анализ влияния климатических изменений на современный водный режим рек Украины выполнено в работах Гребеня В.В. [3]. Здесь применен ландшафтно-гидрологический анализ. Выделенный единственный момент (точка) для всей Украины с которого началось современное потепление в Украине – 1989 год. С этого года, температуры воздуха постоянно растут. Изменения водного режима рек выполнялись для двух периодов от начала наблюдений по 1988 г. и с 1989 г. до 2008 г.

По исследованиям российских ученых Георгиевского В.Ю., Шикломанова И.А. изменения водности рек в условиях потепления климата наблюдаются с конца 70-х гг. XX в.

Влияние современных климатических колебаний на характеристики максимального дождевого стока в Карпатах исследовано, в работе Киндюка Б.В. Анализ тенденций выполнено с использованием статистических критериев Диксона и Смирнова-Граббса и оценке значимости линейных трендов. Выявлено наличие положительных тенденций в колебаниях водности рек.

Результаты исследования изменений водного стока и показателей гидрологического режима в зависимости от климатических изменений с применением параметрических и непараметрических критериев показаны в работах многих исследователей (Снежка С.И., Струтинской В.М, Василенко Е.В., Дутко О.В., Холоденко В.С., Галика О.И.). Показано, что ряды наблюдений за среднегодовым стоком являются однородными и стационарными.

Исследования, направленные на разработку методических рекомендаций, относительно получения обоснованных оценок современных и возможных изменений водных ресурсов, проводятся в УкрНИ ГМИ Горбачевой Л.А. [4]. Показано, что применение только статистических критериев, по оценке стационарности и однородности рядов наблюдений могут давать противоположные результаты. Так, при применении двух-трех статистических методов, которые идентичны по своим характеристикам, были получены противоположные результаты. В то же время, за гидролого-генетическими методами ря-

ды наблюдений оказались однородными и стационарными. Например, для рек Закарпатья за параметрическими критериями ряды однородные и стационарные, а по оценке значимости линейных трендов ряды нестационарные. При исследовании рядов среднего за год стока воды на 16 реках Закарпатской водно-балансовой станции обнаружены противоречия в оценках между статистическими и гидролого-генетическими методами. Было показано, что статистически значимые тренды связаны с цикличностью стока воды. Была выполнена оценка стока и однородности сезонных гидрологических и метеорологических данных и выявлено, что изменения во времени, средних значений сезонного стока для водотоков р. Река, значений максимального стока холодного и теплого периодов года, обусловлены циклическими колебаниями и синфазно или противофазно меняются с изменением средних значений сезонных атмосферных осадков и температуры воздуха. Также отмечено, что при оценке однородности и стационарности стока предпочтение необходимо предоставлять гидролого-генетическим методам, так как они в отличие от статистических методов, учитывают условия формирования гидрологических характеристик стока. Комплексное применение статистических и гидролого-генетических методов для анализа временной однородности основных гидрометеорологических факторов весеннего половодья в бассейне р. Десна показало, что статистически значимые тренды носят периодический характер. Ряды максимальных расходов, максимальных запасов воды в снеге, сумм отрицательных и положительных температур воздуха за зимний период, сумм осадков за период весеннего половодья, дат начала и окончания половодья, дат наступления максимальных расходов и максимальных запасов, продолжительности половодья за гидролого-генетическими методами выявили однородность и стационарность. При применении генетического анализа в исследованиях необходимо уточнять такие понятия как однородность и стационарность гидрологической характеристики. Также было высказано мнение, что статистические критерии Фишера и Стьюдента используют для оценки рядов наблюдений только благодаря действующим нормативным документам. Указанные критерии имеют определенные недостатки при применении для гидрологических рядов: не учитывают существенный рост продолжительности рядов, что приводит к изменению их параметров; учитывают только корреляцию смежных лет, и не учитывают междурядные корреляционные связи.

В результате обобщений был сделан ряд выводов, полученные разными авторами оценки изменений водных ресурсов Украины существенно различаются по тенденциям, по значениям, за периодом наступления изменений. Нарушение стационарности и однородности рядов гидрологических характеристик – это критерии выявления изменений. Оценка однородности рядов выполняется с применением одного или двух методов. Используют в большинстве случаев только статистические параметрические критерии Стьюдента и Фишера, хотя последнее руководство по гидрологической практике Всемирной метеорологической организации не рекомендует их использовать в гидрологических исследованиях. Статистические методы упрощают природу водного стока, привязывая его в зависимость от одного, иногда двух-трех факторов. Циклические же колебания водного стока не учитываются при оценке современных изменений водных ресурсов.

Кроме этого были разработаны методические рекомендации для получения достоверных и обоснованных оценок современных изменений водного стока рек. Необходимо одновременно применять статистические и гидролого-генетические методы оценки однородности и стационарности рядов наблюдений. Для уменьшения погрешностей при расчетах статистических критериев необходимо приводить ряды к многолетнему периоду. Гидролого-генетические методы учитывают физические условия формирования стока рек, поэтому им следует отдавать предпочтение, когда возникают разногласия в оценках однородности рядов по сравнению со статистическими методами. При применении методов необходимо обязательно анализировать циклические колебания стока с помощью:

- разностных интегральных кривых гидрологических и климатических характеристик;
- построения и анализа суммарных кривых;

- построения и анализа, двойных разностно-интегральных кривых гидрологических и климатических характеристик;
- построения и анализа совмещенных хронологических графиков гидрологических характеристик для нескольких пунктов, расположенных в пределах однородного гидрологического района;
- построения и анализа графиков связи гидрологических характеристик для нескольких пунктов, расположенных в пределах однородного гидрологического района;
- построения и анализа графиков связи гидрологических характеристик и метеорологических факторов стока;
- построения и анализа кривых расходов воды;
- построения и анализа комплексных графиков хронологических колебаний различных гидрометеорологических характеристик и их факторов.

Оценка значимости линейных трендов может быть использована только как дополнительный показатель. А также желательно применять современные геоинформационные методы исследования изменений водного стока рек. Так как это сделала в своем исследовании Горбачева Л.А. [4]. Она провела классификацию основных методов и подходов, применяемых в гидрологических исследованиях. Положительной стороной ее исследования - является разработка методологии по применению гидролого-генетических методов, которые в совокупности с другими методами исследований позволили автору сформулировать концепцию гидролого-генетического анализа водного стока рек Украины. Также необходимо отметить, что в контексте проблемы оценки территориальной однородности данных наблюдений относительно применения критерия Эндрюса целесообразно. Необходимо, как позитив, также отметить применение для оценки возможных изменений водного стока Украина программного гидрологического комплекса Mike 11; статистической реализации методов водного баланса для речных бассейнов; применение взаимосвязей основных элементов водного баланса речных водосборов за многолетний период, которые расположены в разных географических зонах.

В научном исследовании кафедры водохозяйственной экологии, гидрологии и гидравлики Национального университета водного хозяйства и природопользования [5] авторами проведен анализ многолетней динамики среднего за год стока воды рек 87 бассейнов индикаторов, ряды которых были продлены до многолетнего периода с использованием уравнений регрессии, который показал, что несмотря, на проявления антропогенных глобальных и региональных изменений климата в последние 20-30 лет, ряды наблюдений среднего годового стока воды рек Украины, как постатистическим критериям, так и по гидролого-генетическим методам оказались однородными и стационарными. Для половины рек бассейнов Южного Буга, Днестра, Северского Донца и Крыма, а также на реках Причерноморья и Приазовья продолжается маловодная фаза цикла водности. На остальных бассейнах индикаторов наблюдается или многоводная фаза, или фаза стабилизации водности. В хронологических рядах среднего за год стока воды рек Украины, наличие статистически значимых и не значимых, положительных и отрицательных трендов имеет временный характер, так как само существование трендов зависит и от продолжительности и от фаз водности, к которым относятся начальные и конечные части рядов наблюдений.

Список использованных источников

- 1 Гопченко, Є.Д. Дослідження впливу сучасних змін клімату на характеристики максимального стоку весняного водопілля на річках Полісся / Є.Д. Гопченко, В.А. Овчарук, Ж.Р. Шакірзанова // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 3 (20). – С. 50-59.
- 2 Лобода, Н.С. Многолетняя изменчивость климата и водного режима рек Подолья / Н.С. Лобода, С.В. Мельник // Український гідрометеорологічний журнал. – 2009. – № 5. – С. 184-191.
- 3 Гребінь, В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) / Гребінь В.В. – К.: Ніка-Центр, 2010. – 316 с.

4 Горбачова, Л.О. Методичні підходи щодо оцінки однорідності і стаціонарності гідрологічних рядів спостережень // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2014. – Т.1(32). – С. 22-31.

5 Гідрометеорологічні дослідження басейнів річок Західного Полісся та Українських Карпат. № держ. реєстр. 0114U001138, від 23.01.2014 р./Науково-дослідна робота/ О.І. Галік, О.П. Будз, Д.С. Косяк, В.С. Холоденко. – НУВГП, 2014-2016. – 94 с.

УДК 628.3

С.В. Сушко

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республик Беларусь, г. Минск

УСТОЙЧИВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА МАЛЫХ РЕК В ЧЕРТЕ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Территория Республики Беларусь является водоразделом бассейнов Балтийского и Черного морей. Примерно 55 процентов речного стока приходится на реки бассейна Черного моря и 45 процентов – Балтийского. По территории республики протекает семь больших рек (Западная Двина, Западный Буг, Неман, Днепр, Припять, Виляя, Березина) и 41 средняя. Всего по территории Беларуси протекает 20,8 тыс. рек и ручьев суммарной длиной 90,6 тыс. километров.

Основным источником водных ресурсов Беларуси являются крупные и средние реки, вдоль которых концентрируется население и промышленность. Немаловажное значение имеют также ресурсы малых рек, которые в связи с рассредоточенностью по территории доступны для повсеместного использования.

Ресурсы поверхностных вод включают речной сток и запасы воды в водоемах. В свою очередь речной сток подразделяется на местный (формирующийся в пределах республики) и общий (с учетом поступления транзитного стока из соседних стран) [6].

Основной объем местного речного стока (65 процентов) формируется в водосборах рек Западная Двина, Неман, Виляя и Припять. Преобладающая часть транзитного стока поступает по рекам Западная Двина (35 процентов) и Припять (28 процентов). Распределение местного стока внутри года неравномерно. За три весенних месяца по рекам западной и центральной частей республики (бассейны рек Неман, Виляя, Березина) протекает в среднем 42-47 процентов годового стока [7].

В настоящее время в Республике Беларусь создано 153 водохранилища. Полезный объем водохранилищ – 1,2 куб. километра. Полный объем водохранилищ составляет 2,95 куб. километра, их суммарная площадь – 797 кв. километров, или 0,5 процента площади республики. По месту расположения преобладают водохранилища руслового типа (50 процентов от общего числа водохранилищ республики). На севере широко представлены водохранилища, созданные в результате подпора плотинами уровня воды в озерах [1, 6]. Непосредственно в данном формате необходимо начать говорить о значении и использовании малых водотоков в общем контексте поверхностных вод страны.

Малые водотоки вместе с прилегающими территориями имеют высокое экологическое, градостроительное и рекреационное значение для населенных пунктов, а также велика и их санитарно-гигиеническая роль. Многие малые водотоки и прилегающие к ним территории, являющиеся местом обитания редких животных и растений, входят в состав объявленных государственными заповедников и заказников.

Количество и качество водных ресурсов определяют устойчивое развитие любого государства, от них зависит уровень жизни и здоровье населения.

В мировой практике для оценки водообеспеченности чаще используются удельные показатели объема среднегодового речного стока, отнесенные к количеству населения. Водообеспеченность на душу населения в республике близка к среднеевропейской, а по сравнению с соседними странами – выше, чем в Польше и Украине, ниже, чем в Латвии и Литве [1].

Наиболее обеспечены водными ресурсами Витебская и Гродненская области, наименее – Гомельская и Брестская.

Центральные районы республики имеют меньшие ресурсы речных вод, чем пограничные районы, располагающие транзитным стоком. В Минской области, которая находится на водораздельных возвышенностях, приток транзитных вод минимальный, следовательно, водообеспеченность довольно низкая.

Под влиянием различных факторов характеристики водных ресурсов непрерывно изменяются. Основным антропогенным фактором, оказавшим влияние на речной сток в пределах республики, явилась осушительная мелиорация заболоченных земель.

Влияние природных факторов формирования малых рек — обстоятельство, действующее постоянно. Однако в большинстве случаев устойчивое ухудшение состояния малых рек обусловлено антропогенной деятельностью, как на водосборах, так и на самих водотоках [1].

Малые водотоки (ручьи и реки длиной до 100 км) наиболее тесно связаны с ландшафтом водосбора и быстро реагируют на изменения, происходящие в его пределах. Необходимо отметить, что воздействие на водоток осуществляется сразу по нескольким направлениям: использование водных ресурсов на различные сельскохозяйственные цели, регулирование стока гидротехническими сооружениями, сброс сточных вод, объем которых зачастую превышает естественный речной сток, заключение полностью или частично русла реки в коллектор, что влечет за собой утрату природной самоочищающей способности.

В результате прогрессирующего снижения стока, изменения сложившихся русловых процессов, в том числе снижение скорости водотока, заиление, зарастание русла и загрязнение вод, малые реки мелеют и изменяют свой облик, в ряде случаев утрачивается их хозяйственное, экологическое и рекреационное значение.

К группе факторов антропогенного воздействия относятся:

- отведение коммунально-бытовых и производственных сточных вод;
- вынос загрязняющих веществ с поверхностным стоком с урбанизированных и сельскохозяйственных территорий;
- поступление загрязняющих веществ от рассредоточенных по водосборной площади бассейнов рек животноводческих комплексов, полигонов захоронения отходов, складов минеральных удобрений, нефтепродуктов и других экологически опасных объектов;
- трансграничный перенос загрязняющих веществ водным и воздушным путем;
- разгрузка загрязненных подземных вод в речную сеть.

Природными факторами обусловлено повышенное содержание отдельных элементов, прежде всего соединений железа в поверхностных и подземных водах, что является следствием высокого содержания этих элементов в комплексах водовмещающих пород и почв.

Загрязнение вод проявляется в изменении физических и органолептических свойств (нарушение прозрачности, окраски, запахов, вкуса), в увеличении содержания нефтепродуктов, общей минерализации воды, биогенных элементов, тяжелых металлов, в сокращении содержания растворенного в воде кислорода, в появлении болезнетворных бактерий и других загрязнителей [2]. Самым распространенным источником поступления загрязняющих веществ является сброс в реки сточных вод от промышленных предприятий, смыв в период выпадения осадков, поступление загрязнения с ливневыми и талыми водами с урбанизированных территорий через дождевую канализацию.

Следует отметить, что по данным государственного кадастра и отчетности объем сточных вод, сброшенных в поверхностные водные объекты, сократился на 8,9 % за счет ввода в эксплуатацию 31 очистного сооружения сточных вод, в т. ч. дождевой канализации и локальных очистных сооружений промышленных предприятий, а также более эффективной работы таких сооружений в городах Барановичи, Береза, Кобрин, Лунинец, Гомель, Мозырь, Марьяна Горка, Несвиж, Слуцк, Молодечно и др. [7].

Вместе с тем на 2,28 млн. м³ увеличился объем недостаточно очищенных сточных вод, в связи с имевшими место аварийными ситуациями, а также проводимой на очистных сооружениях реконструкцией и модернизацией [7].

Основной причиной в сложившейся ситуации является недостаточное выделение средств на строительство альтернативных канализационных очистных сооружений, а также выполнение работ по рекультивации карт полей фильтрации, финансирование которых осуществлялось, в основном, в рамках реализации государственной программы по водоснабжению и водоотведению «Чистая вода».

В настоящее время из 3847 водопользователей, осуществляющих специальное водопользование на основании разрешений на специальное водопользование, комплексных природоохранных разрешений – 372 (9,7 %) не имеют таких разрешительных документов (закончился срок их действия), основная часть которых – сельхозпредприятия [4]. В 2016 году специалистами РУП «ЦНИИКИВР» в рамках экспедиционных исследований по выполнению работ в соответствии с заданием подпрограммы II ГНТП «Природопользование и экологические риски» определен ряд предприятий нарушивших природоохранное законодательство в описываемой области, а также по данным территориальных органов Минприроды проведена инвентаризация объектов, которыми осуществляется сброс сточных вод в окружающую среду с нарушением установленных природоохранных требований и установлено, что 86 объектов осуществляют сброс сточных вод на рельеф местности или с использованием рельефа местности.

Следует понимать, что даже если применяются наиболее совершенные из известных современной науке методы очистки отработанных вод (механические, химические, биологические), для разбавления 1 м³ таких стоков необходимо потратить не менее 8-10 м³ чистых природных вод. Если же сбрасываются неочищенные стоки, то расход воды возрастает в несколько раз. В настоящее время в мире среди хозяйственных стоков, сбрасываемых в естественные водоемы, преобладают категории слабо очищенных или вообще неочищенных вод. В связи с чем, возникает необходимость усиления контрольной и надзорной функции специальных органов за объектами осуществляющих сброс сточных вод в реки, на рельеф местности или с использованием рельефа местности.

С точки зрения, управленческих подходов в отношении влияния на загрязнение малых рек проблемным остается вопрос проведения работ по ликвидации водозаборных скважин, которые выполняются крайне медленно, так как требуют больших финансовых средств (в настоящее время подлежит ликвидации – 8 % и ликвидировано – 3 % водозаборных скважин от общего их количества) [7]. По-прежнему, не в полной мере, местными исполнительными и распорядительными органами решен вопрос по организации в зонах массового отдыха на водных объектах необходимого количества автостоянок. Хуже всего обстоят дела с обустройством автостоянок в г. Минске и Могилевской области – около 50 % от требуемого количества. В то время как в Брестской области данный показатель перевыполнен на 7,6 %.

С целью систематизации данных и определения подходов к устойчивому использованию потенциала малых рек в пределах населенных пунктов РУП «ЦНИИКИВР» провел группировку и ранжирование крупных населенных пунктов, на территории которых имеются малые водотоки. Выделено 12 таких городов с 34 малыми водотоками в их пределах, которые подвергаются значительной антропогенной нагрузке, выраженной в:

- изменении гидроморфологических характеристик водотока (спрямление русла, углубление, канализование);
- изменении условий и режима формирования стока (снижение стока за счет изъятия воды, зарегулированность стока искусственными водоемами (пруды и водохранилища) на водотоке, увеличение стока за счет поступления сточных вод и т.п.);
- изменении гидрохимического состояния водотока;
- изменении гидробиологического состояния водотока.

Следствием химических и физических воздействий является изменение состава донных отложений и живого вещества водных объектов. Существуют две основные категории источников загрязнения водных объектов: источники точечного загрязнения и рассеянного загрязнения.

Вследствие накопления в воде биогенных элементов происходит усиление биологической продуктивности водоемов. Эвтрофикация приводит к ряду неблагоприятных экономических последствий: ухудшению качества воды, снижению рекреационной ценности, снижению рыбной популяции, блокированию водосборов, каналов.

Согласно Национальной системой мониторинга окружающей среды на имеющихся створах больших и малых рек осуществляются регулярные гидробиологические наблюдения (наличие в водотоках видов-индикаторов живых организмов чистой воды) на основании которых присваивается индекс МВИ и оценивается их экологическое состояние.

В настоящее время, на основании анализа данных Белгидромета, в ряде населенных пунктов экологическое состояние малых водотоков является неудовлетворительным, состояние прибрежных полос не соответствует действующим экологическим и градостроительным требованиям.

В перспективе необходимы мероприятия по предупреждению возможного дефицита воды в маловодные периоды, в том числе за счет регулирования речного стока и жесткого лимитирования водопользования.

Список использованных источников

1 Вендоров, С.Л., Коронкевич, Н.И., Субботин, А.И. / Сб. ст. // Вопросы географии. Малые реки. – М.: Мысль, 1981. – С. 15-17.

2 Замахин, В.С. / Сб. ст. // Вопросы географии. Малые реки. – М.: Мысль, 1981. – С. 47-49.

3 Вода России. Малые реки / Под науч. Ред. А.М. Черняева. – ФГУП РосНИИВХ. – Екатеринбург, 2001. – С. 13-59.

4 Постановление Белстата от 11.11.2016 № 169 «Об утверждении формы государственной статистической отчетности 1-вода (Минприроды) «Отчет об использовании воды» и указаний по ее заполнению».

5 Отчет о научно-исследовательской работе 2.1.7 подпрограммы II ГНТП «Природопользование и экологические риски», 2016-2020 гг. «Оценить экологическое состояние малых водотоков в пределах крупных населенных пунктов Республики Беларусь и разработать мероприятия по их восстановлению на примере нескольких малых водотоков» РУП «ЦНИИКИВР». Этапы 1 и 2, № госр. 20163204.

6 Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2020 года, утвержденная Решением коллегии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 11.08.2011 № 72-Р.

7 Решение коллегии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь «Об итогах работы Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь за 2016 год и задачах на 2017 год» от 10.02.2017 № 15-Р.

УДК 504.45.06:577

Л.И. Минина, канд. хим. наук; Н.П. Матвеева, канд. хим. наук;
Л.С. Косменко, канд. хим. наук
ФГБУ «Гидрохимический институт», г. Ростов-на-Дону, Россия

ОБ ОПЫТЕ СОТРУДНИЧЕСТВА РОСГИДРОМЕТА И ГИДРОМЕТА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В ОБЛАСТИ МОНИТОРИНГА ТРАНСГРАНИЧНЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД СУШИ В БАССЕЙНАХ ДНЕПРА И ЗАПАДНОЙ ДВИНЫ

Международное сотрудничество в области проведения мониторинга состояния и загрязнения трансграничных поверхностных вод суши (ТПВС) РФ с соседними государствами особое развитие получило в рамках Союзного государства между Российской Федерацией и Республикой Беларусь.

В соответствии с двусторонними соглашениями Росгидромета и Гидромета Республики Беларусь на территориях России и Беларуси проводится мониторинг на участках рек бассейнов Днепра и Западной Двины, расположенных в районе государственной границы РФ с Республикой Беларусь. Наблюдениями охвачено по 4 пункта с каждой стороны: по три пункта в бассейне р. Днепр (р. Днепр г. Смоленск, р. Сож пгт Хиславичи, р. Ипуть д. Добродеевка со стороны России и н.п. Сарвиры, н.п. Коськово, г. Добруш со стороны Беларуси соответственно) и по одному на р. Западная Двина (г. Велиж и н.п. Сураж).

Согласно плана совместной оперативно-производственной деятельности в рамках Комитета Союзного государства по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения природной среды ежегодно с 2004 года между Гидрохимическим институтом (ГХИ) и Республиканским центром по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды (Гидромет) Минприроды Республики Беларусь проводится обмен подготовленными в формате Обзора информационными материалами о состоянии воды в этих пунктах наблюдений (согласно п.2.1 решения совместной коллегии №49/4 с 2010 г. материалы представляются обеими сторонами и в электронном виде). Кроме того подготовлены обзоры по пятилеткам за 2004-2008 гг. и 2009-2013 гг.

За прошедшие годы была проделана большая работа по обеспечению сопоставимости данных мониторинга России и Беларуси. С этой целью для создания согласованной нормативно-методической базы ГХИ передал в Гидромет Республики Беларусь ряд аттестованных методик выполнения измерений показателей состава воды. Для обеспечения сопоставимости оценок качества воды на трансграничных водных объектах России и Беларуси использовали принятый в Росгидромете метод оценки по РД 24.52.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям», электронная версия которого была направлена в адрес Гидромета Республики Беларусь.

В 2011 г. ГХИ передал в Гидромет Республики Беларусь программное обеспечение комплексной оценки качества воды на основе УКИЗВ. В том же году, используя результаты совмещенного отбора проб, проведенного обеими сторонами, Гидромет Республики Беларусь по адаптированной методике ГХИ провел сравнение оценок качества воды на трансграничных участках рек Западная Двина и Днепр рассчитанных по перечням показателей и ПДК для Республики Беларусь и с применением перечня показателей и значений ПДК РФ. Расчет показал высокую сходимость, как по перечню приоритетных загрязняющих веществ, так и по классу качества воды. При применении в расчетах белорусской стороной перечня показателей и значений ПДК РФ в 2011г. вода рек Западная Двина и Днепр относилась к 3-му классу. По оценке России классы качества воды в этих реках за 2011 г. были такими же. При применении же при расчётах перечня показателей и значений ПДК для Республики Беларусь сходимость результатов не была уже столь хорошей.

В 2014 году у Центрального УГМС появилась возможность усовершенствования проведения мониторинга ТПВС в бассейнах Днепра и Западной Двины за счет финансирования работ по ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 гг.». Дополнительно к пунктам наблюдений на реках Днепр, Сож и Западная Двина, створы которых расположены на значительном удалении от границы (от 23 до 56 км), непосредственно на границе были организованы створы наблюдений в пунктах д. Хлыстовка, д. Бахаревка и д. Верховье соответственно. Это позволило бы более объективно оценивать качество воды рек.

Начиная с 2014г. наметились концептуальные различия в подходах оценки качества воды трансграничных рек между Россией и Республикой Беларусь. Российская сторона продолжала пользоваться при оценке понятием «классы качества», основанном на превышении рыбохозяйственных ПДК группой гидрохимических показателей, что было предложено в методе оценки по РД 24.52.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям». Белорусская сторона при подготовке нового Водного кодекса ушла от привязки содержаний различных групп гидрохимических показателей к ПДК, рассчитав свою систему баллов для концентраций различных групп гидрохимических показателей, на основании которых присваивается

гидрохимический статус водному объекту в пункте наблюдений. Суть расчетов изложена в ТПК 17.13-08-2013 «Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Правила определения химического (гидрохимического) статуса речных систем». Определение гидрохимического статуса наряду с гидробиологическими и геоморфологическими показателями используется при определении экологического статуса поверхностных водных объектов (их частей) - базового в Республике Беларусь, что отражено в ст.6 Водного кодекса от 30 апреля 2014 г.

Трудно спрогнозировать, как такое различие в подходах обеих сторон позволит объективно оценивать качество вод на трансграничных участках рек. Если учесть, что вода в реках поступает с территории России на территорию Беларуси, то оценка качества воды, с российской стороны более жесткая и вода реки Западная Двина за 2014-2016 гг. оценивается как «загрязненная», а вода р. Днепр с ухудшением от «очень загрязненной» до «грязной». Оценка же Республики Беларусь гидрохимического статуса воды в пунктах наблюдений на трансграничных участках этих рек более оптимистичная и гидрохимический статус классифицируется по высшему разряду, как отличный и хороший соответственно.

Основные направления для дальнейшего совершенствования мониторинга:

- оценка токсичности, как воды, так и донных отложений;
- восстановление гидробиологических наблюдений в пунктах Росгидромета;
- размещение приграничных расходных гидропостов ближе к границе;
- оптимизация программ наблюдений в пунктах ТПВС по гидрохимическим показателям;
- развитие наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях.

УДК 502.3

В.В. Смелов, Е.А. Блинова

Белорусский государственный технологический университет, г. Минск

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ПРОЛИВА НЕФТЕПРОДУКТОВ

Совместно с Республиканским унитарным предприятием «Научно-производственный центр по геологии» командой разработчиков кафедры ИСИТ БГТУ выполнена опытно-конструкторская работа, представляющая собой программное средство для прогнозирования последствий инцидентов, связанных с проливом нефтепродуктов. Цель создания экспертной системы – поддержка принятия решений по выбору оптимальных с точки зрения экологической и экономической эффективности технологий реабилитации геологической среды. Экспертная система может применяться широким кругом пользователей: от руководителей объектов, где происходит обращение с нефтепродуктами и возникает возможность загрязнений, до сотрудников соответствующих ведомств, таких как органы по борьбе с чрезвычайными ситуациями, охраны природы и пр.

Система предназначена оценки значения степени загрязнения грунта и грунтовых вод, классификации прогнозируемого состояния геологической среды и определения технологий ее реабилитации. Разработана математическая модель загрязнения геологической среды в результате пролива нефти и нефтепродуктов, с учетом характеристик нефтепродукта, особенностей грунта и времени существования загрязнения. Модель позволяет рассчитать глубину проникновения нефтепродуктов в грунт, адсорбированную грунтом массу нефтепродукта и его концентрацию, остаточную массу нефтепродукта, способную достичь грунтовых вод, рассчитать время достижения максимальной концентрации на уровне грунтовых вод и описать горизонтальное перераспределение нефтепродукта с грунтовыми водами (рисунок 1).

В состав экспертной системы входят шесть модулей, четыре из которых являются реализацией математической модели, позволяющей рассчитать объем и скорость про-

никновения нефтепродуктов в различные типы грунта и грунтовые воды, а также два справочных модуля. Первый модуль «П» (модуль прогнозирования) получает исходные данные о количестве, типе и месте разлива нефтепродукта. В результате работы этого модуля формируется отчет, который помещается в базу данных. Модуль «Р» (модуль оценки прогнозируемого состояния) получает данные из предыдущего модуля и сравнивает значения результата прогноза с нормативами предельно-допустимых концентраций. Модуль «С» (модуль классификации прогнозируемого состояния) предназначен для классификации состояний геологической среды. Модуль «Т» (модуль выбора технологий реабилитации) формирует финальный отчет, который содержит перечень технологий реабилитации.

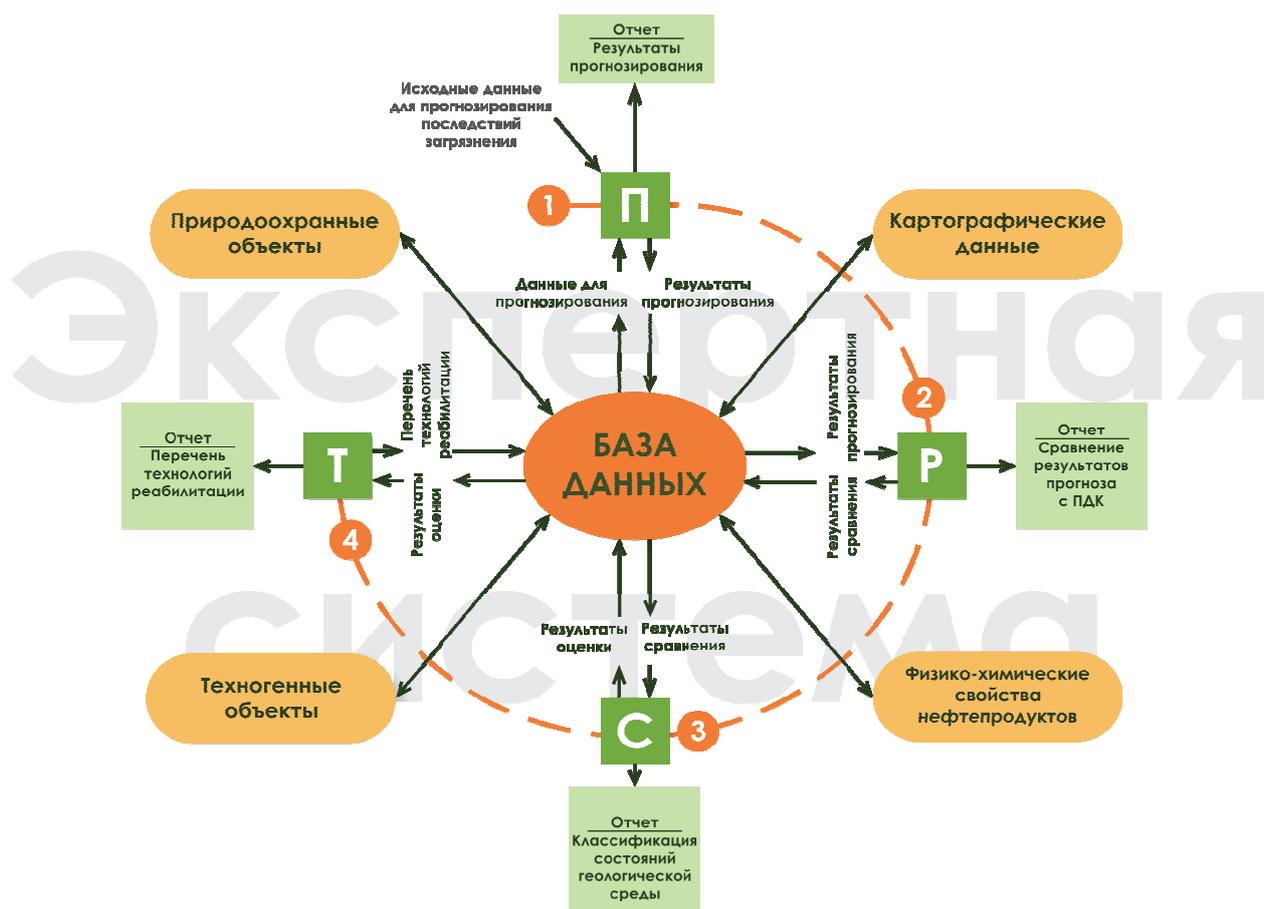


Рисунок 1 – Схема модулей экспертной системы прогнозирования последствий пролива нефтепродуктов

Модули экспертной системы используют реляционную базу данных СУБД Microsoft SQL Server 2012. Для работы модулей используются справочники, хранящиеся в базе данных: «Природоохранные объекты», содержащие данные о различных природоохранных объектах, таких как реки, озера и заказники, «Техногенные объекты», содержащие данные об объектах, на которых возможны инциденты пролива нефтепродуктов, «Физико-химические свойства нефтепродуктов». В базе данных также хранятся пространственные данные в форме электронных карт с дополнительными атрибутами (тип грунта, глубина залегания грунтовых вод, водоохранные зоны, высота над уровнем моря, административное деление и т. д.). Для обеспечения целостности и подтверждения авторства картографических данных экспертной системы разработаны два стеганографических метода, основанные на осадении скрытой информации. Экспертная система реализована в виде web-сервера на основе технологии ASP.NET 4.5. MVC 5.0.

В настоящее время ведется опытная эксплуатация системы.

МИНИМАЛЬНЫЙ СТОК РЕК БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Введение. Значительная антропогенная нарушенность природных комплексов Белорусского Полесья обусловлена мелиоративным освоением обширных территорий, добычей полезных ископаемых, лесохозяйственной деятельностью, строительством инфраструктуры и последствиями катастрофы на Чернобыльской атомной электростанции. Все это привело к коренному преобразованию водного, теплового, агрохимического режимов территорий, глубокой перестройке пространственной структуры и внешнего облика ландшафтов, трансформации флористических и фаунистических комплексов, обеднению биоразнообразия. В связи с осушением больших территорий существенно была преобразована гидрографическая сеть, изменились морфометрические характеристики водных объектов, извилистость, уклоны, площадь водной поверхности, характеристики водосборов, речного стока и внутригодового его распределения, снизились уровни грунтовых вод на 1,0–1,5 м, уровни в реках. Создание объектов защиты населенных пунктов от наводнений путем строительства инженерных противопаводковых заграждений отразилось на гидрологическом режиме рек, биологических функциях пойменных и лесных экосистем. Серьезную экологическую опасность для подземных и поверхностных вод представляет разведка и разработка нефтяных месторождений, а также других полезных ископаемых.

Методика исследования. Для обнаружения цикличности, анализа устойчивости циклов или изменчивости во времени используется процедура спектрально-временного анализа, а также анализ параметра хаотизации. Для оценки тенденции будущих значений ряда используются тренды. В данной работе, тренд выделяется по методу наименьших квадратов способом скользящей средней. Для выявления изменений минимального стока под воздействием природных и антропогенных факторов рассматриваемый отрезок времени был разбит на три различных по уровню хозяйственной деятельности периода (1881 – 1930, 1931 – 1964, 1965 – 2015): *первый период* характеризуется довольно примитивной системой земледелия и экстенсивным ведением сельского хозяйства; *второй* отличается применением более высокой агротехники и интенсификацией сельскохозяйственного производства; *третий* характеризуется началом крупномасштабной мелиорации на Полесье, строительством крупных гидротехнических сооружений (водохранилища Селец, Любанское, Солигорское и др.).

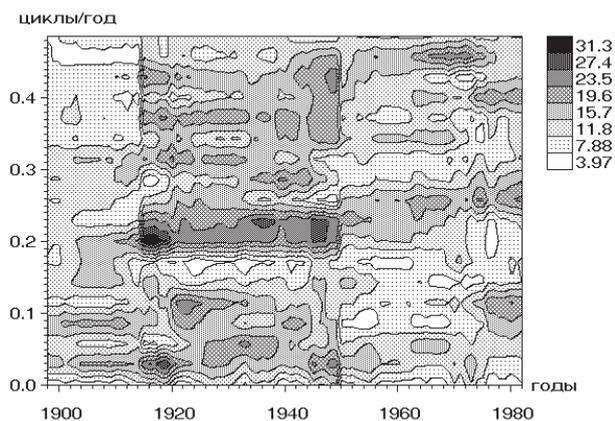
Для выявления пространственной структуры изменения минимального стока по минимальным расходам нами выполнен комплексный анализ временных рядов. Имеющиеся ряды наблюдений были разбиты на два периода: с начала наблюдений до 1965 года (начало крупномасштабных мелиораций) и с 1966 года до настоящего времени. При этом выбраковывались ряды с периодом наблюдений менее 15 лет хотя бы за один из периодов. После выбраковки были определены величины изменения минимального стока как:

$$k_i = \frac{Q_{cp2} - Q_{cp1}}{\bar{Q}}$$

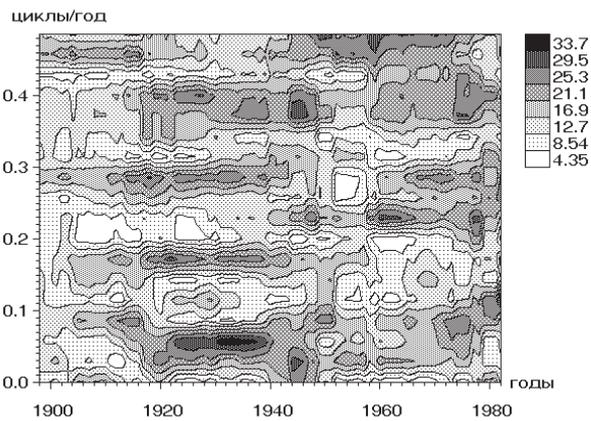
где Q_{cp1} , Q_{cp2} – средние значения годового стока за период до 1965 года и с 1966 до настоящего времени, соответственно; \bar{Q} – норма минимального стока.

Обсуждение результатов. К настоящему времени имеются ряды наблюдений более 120 лет, что позволяет выделять циклы и давать прогнозные оценки. Совместный анализ СВАН-диаграмм и временных распределений параметров хаотизации показал наличие циклов на реках Полесья от 2-х до 33-х лет (рисунок 1, 2). В подавляющем большинстве доминирующими циклами являются 2–3, 4–6 и 11–13-летние; реже отмечаются 8, 14-летние циклы, а наиболее устойчивые из них 3, 4, 5 и 33-летние (таблица 1, 2). Однако наблюдается изменение длительности циклов, особенно резкие изменения характерны для р. Припять.

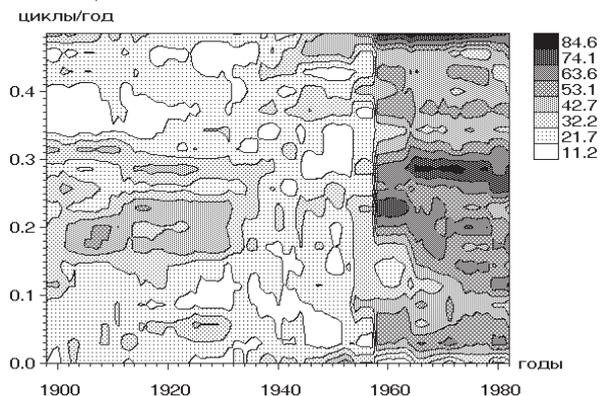
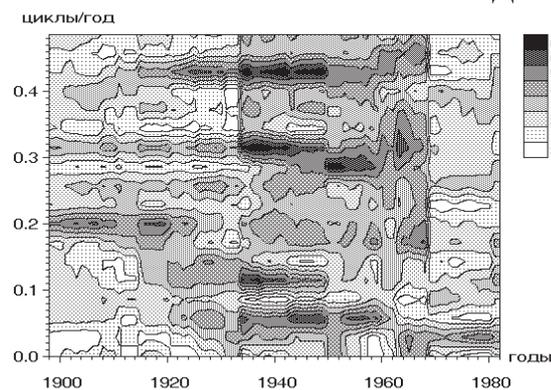
Летне-осенний минимальный сток



Зимний минимальный сток



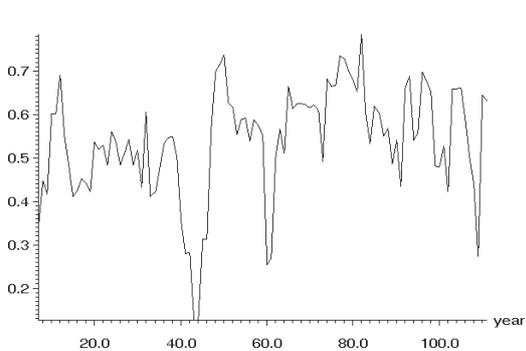
Днепр – г. Речица



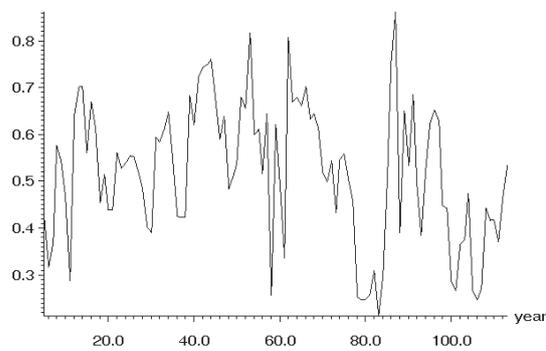
Припять – г. Мозырь

Рисунок 1 – С-VAN-диаграммы летне-осенних и зимних минимальных расходов воды рек Беларуси

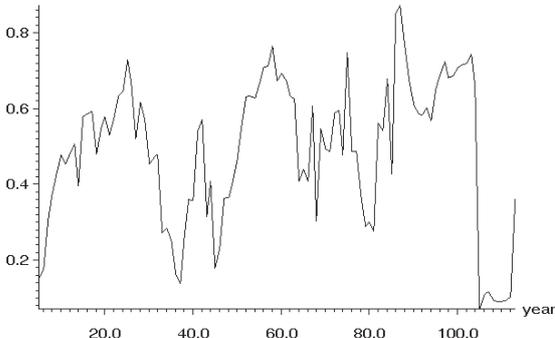
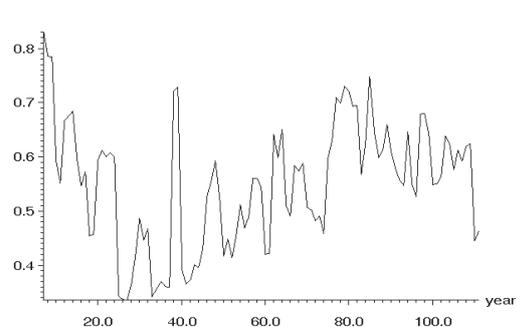
Летне-осенний минимальный сток



Зимний минимальный сток



Днепр – г. Речица



Припять – г. Мозырь

Рисунок 2 – Распределение параметра хаотизации временных рядов минимального расхода воды основных рек Беларуси

Таблица 1 – Цикличность временных рядов минимальных расходов воды рек Полесья

| Река – створ | Летне-осенний минимальный сток | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|-----------|-----------|-------|-------------------------|
| | размах колебаний | амплитуда | годы | циклы | преобладающие амплитуды |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Мухавец – г. Брест | 0,70-5,58 | 4,88 | 1902-1920 | 33 | 2,09 |
| | | | 1958-1982 | 33 | 2,09 |
| | | | 1954-1982 | 4 | 5,58 |
| | | | 1958-1982 | 3 | 3,49 |
| Днепр – г. Речица | 3,97-31,30 | 27,33 | 1902-1924 | 33 | 23,5 |
| | | | 1916-1950 | 5 | 27,4-31,3 |
| | | | 1916-1950 | 3 | 15,7-19,6 |
| | | | 1926-1938 | 17 | 19,6 |
| | | | 1962-1982 | 4 | 19,6 |
| Сож – г. Гомель | 3,17-25,30 | 22,13 | 1900-1916 | 11 | 15,8 |
| | | | 1916-1950 | 17 | 22,1 |
| | | | 1916-1950 | 10 | 19,0 |
| | | | 1916-1950 | 5 | 19,0-25,3 |
| | | | 1952-1982 | 2 | 12,7 |
| Припять – г. Мозырь | 8,93-69,60 | 60,67 | 1888-1922 | 5 | 60,9 |
| | | | 1920-1970 | 2 | |
| | | | 1934-1962 | 20 | 52,3 |
| | | | 1934-1967 | 3 | 69,6 |
| | | | 1934-1950 | 9 | 60,9 |
| | | | 1964-1982 | 25 | 52,3 |
| Птичь – с. Лучицы | 1,03-7,80 | 6,77 | 1902-1936 | 5 | 4,9-5,87 |
| | | | 1946-1980 | 2 | 5,87 |
| | | | 1963-1982 | 3,3 | 4,90 |
| | | | 1964-1982 | 6,7 | 4,9 |
| Зимний минимальный сток | | | | | |
| Мухавец – г. Брест | 0,51-3,95 | 3,44 | 1910-1980 | 33 | 3,46-3,95 |
| | | | 1950-1982 | 3 | 2,48 |
| | | | 1904-1940 | 5 | 1,50-2,48 |
| Днепр – г. Речица | 4,35-33,70 | 29,35 | 1900-1916 | 2 | 21,1-25,5 |
| | | | 1918-1944 | 6 | 25,3 |
| | | | 1922-1940 | 17 | 33,7 |
| | | | 1940-1952 | 3 | 29,5 |
| | | | 1958-1976 | 5 | 29,5 |
| Сож – г. Гомель | 2,39-19,10 | 16,71 | 1888-1916 | 33 | 19,1 |
| | | | 1906-1922 | 11 | 19,1 |
| | | | 1920-1934 | 8 | 19,1 |
| | | | 1942-1952 | 13 | 9,57 |
| | | | 1952-1960 | 6 | 9,57 |
| | | | 1958-1980 | 4 | 14,3 |
| | | | 1964-1982 | 6 | 14,3 |
| Припять – г. Мозырь | 11,2-84,6 | 73,4 | 1902-1930 | 5 | 42,7 |
| | | | 1944-1958 | 2 | 42,7 |
| | | | 1958-1982 | 4 | 84,6 |
| | | | 1958-1982 | 25 | 53,1 |
| | | | 1958-1982 | 2 | 84,6 |
| Птичь – с. Лучицы | 0,60-4,47 | 3,87 | 1898-1910 | 11 | 3,92 |
| | | | 1898-1920 | 5 | 3,92 |
| | | | 1898-1920 | 3 | 3,92 |
| | | | 1920-1946 | 10 | 3,92-4,47 |
| | | | 1962-1982 | 2,5 | 4,47 |
| | | | 1960-1982 | 17 | 3,92 |

Таблица 2 – Характеристики параметра хаотизации

| Река – створ | Летне-осенний минимальный сток | | Зимний минимальный сток | |
|---------------------|--------------------------------|-----------|-------------------------|-----------|
| | размах колебаний | амплитуда | размах колебаний | амплитуда |
| Мухавец – г. Брест | 0,17-0,82 | 0,80 | 0,12-0,92 | 0,65 |
| Днепр – г. Речица | 0,22-0,87 | 0,68 | 0,16-0,84 | 0,65 |
| Сож – г. Гомель | 0,18-0,83 | 0,77 | 0,15-0,92 | 0,65 |
| Припять – г. Мозырь | 0,20-0,80 | 0,79 | 0,08-0,87 | 0,60 |
| Птичь – с. Лучицы | 0,18-0,80 | 0,64 | 0,15-0,79 | 0,62 |

Минимальные расходы воды в летне-осеннюю и зимнюю межень распределялись по трем классам водности:

- годы с маловодьями (s_1) ($p > 66\%$);
- годы со средней водностью (s_2) ($33 \leq p \leq 66\%$);
- годы с многоводьями (s_3) ($p < 33\%$).

Затем анализировались ряды стока, представляющие собой последовательность маловодных, средневодных и многоводных лет, и подсчитывалось количество в многолетнем ряду соответствующих классов водности (т.е. определялась их абсолютная частота) в период 1881-2015 гг. Необходимо иметь также в виду, что водосборы рек Полесья относятся к районам, где степень использования пахотных земель значительно возросла в послевоенные годы. Исследование частот лет *летне-осеннего* минимального стока различной водности каждого из периодов позволяет констатировать:

- в первом периоде (1881-1930 гг.) в бассейне р. Днепр заметно преобладали годы с пониженной водностью, в бассейне р. Припять годы со средней водностью;
- во втором периоде (1931-1964 гг.) в бассейне р. Припять увеличилось число лет с пониженной водностью, а в бассейне р. Днепр увеличилось число лет с пониженной и средней водностью;
- в третьем периоде (1965-2015 гг.) в бассейнах всех исследуемых рек преобладают годы с повышенной водностью.

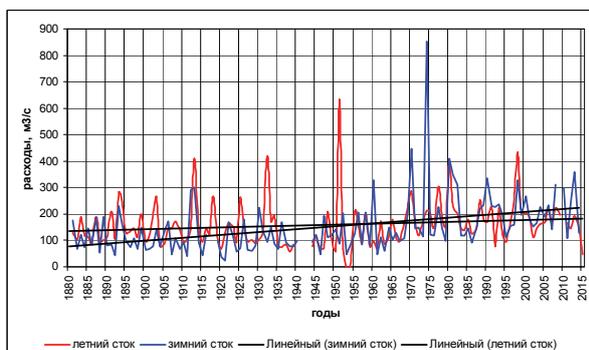
Для *зимнего* минимального стока характерно:

- в первый период в бассейне р. Западный Буг преобладают годы со средней водностью, а в бассейнах рр. Днепр и Припять большинство составляют маловодные годы 74 % и 83 % соответственно;
- второй период в различных бассейнах характеризуется по-разному: в бассейнах рр. Припять и Днепр преобладают годы со средней водностью, а в бассейне р. Западный Буг – годы с пониженной водностью.
- для третьего периода характерна повышенная водность для всех рек Беларуси в бассейнах р. Днепр – 98 %, р. Припять – 85 %, р. Западный Буг – 69 %.

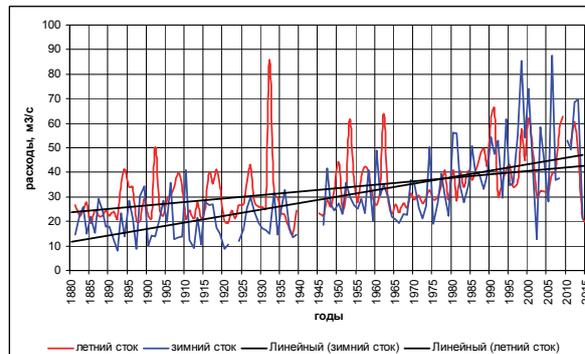
Тенденция увеличения минимального стока характерна как для летне-осенней межени, так и для зимней. Следовательно, в анализируемых рядах стока имеет место положительный тренд.

Исследование временных рядов многолетних колебаний летне-осеннего и зимнего минимальных расходов воды показывает наличие положительных (80 % исследуемых рек) и отрицательных (20 %) трендов (рисунок 3).

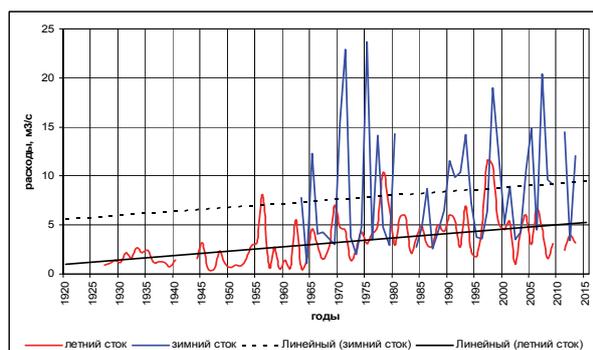
Из таблицы 3 следует, что для большинства исследуемых рек отмечается стабильная тенденция увеличения летне-осенних (71 % исследуемых рек) и зимних (90 %) минимальных расходов воды, при чем на большей части рек градиент изменения стока в зимний период больше, чем в летне-осенний. Градиент изменения стока наибольшие значения принимает на рр. Днепр, Припять, Сож.



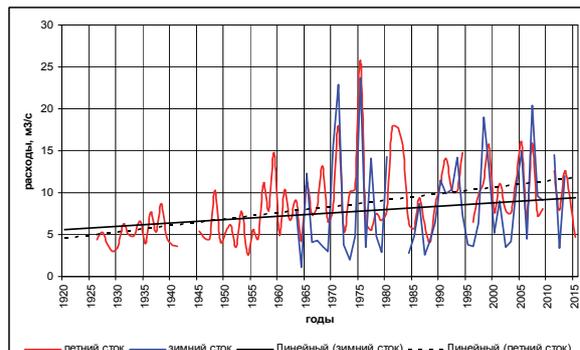
Припять – г. Мозырь



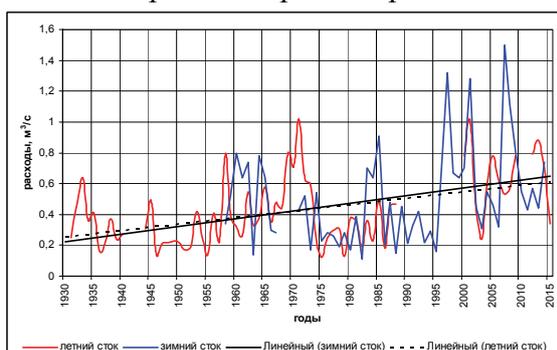
Днепр – г. Орша



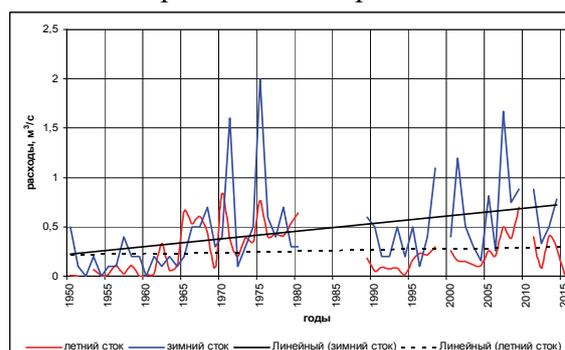
Уборть – д. Краснобережье



Оресса – д. Андреевка



Уза – д. Прибор



Копаювка – д. Черск

Рисунок 3 – Графики многолетних колебаний минимальных расходов воды

Так как во временных рядах существует устойчивый тренд, его можно использовать для прогноза. Тренд отражает динамику с очень большим моментом инерции, и изменения, определяемые такой динамикой, не могут моментально изменить свое направление.

Результаты расчетов коэффициентов изменения минимального стока рек (k_i) позволяют сделать следующие выводы:

- на большинстве исследуемых рек (до 80 %) и летне-осенний и зимний минимальный сток увеличился;
- на 5 % и летне-осенний и зимний минимальный сток уменьшился;
- на 5 % летне-осенний увеличился, а зимний уменьшился;
- на 10 % летне-осенний уменьшился, а зимний минимальный сток увеличился.

Летне-осенний минимальный сток увеличился на 85 % исследуемых рек, из них на 49 % рек сток значимо ($k_i \geq 0,27$). На 18 % изучаемых объектов (рр. Ясельда, Оресса, Сло-вечна, Чертень, Вить, Мухавец, Жабинка, Копаювка) сток увеличился более чем в 2 раза. Уменьшился летне-осенний минимальный сток на 15 % исследуемых рек, из них только на р. Случь (г. Старобин) значимо, что связано со строительством водохранилища. На р. Случь в 1967 г. построено Солигорское водохранилище для обеспечения водой предприятий «Беларуськалий» и питания рыбоводного хозяйства «Старобин».

Таблица 3 – Параметры линейных трендов минимальных расходов воды рек Беларуси

| Река – пост | Минимальный сток | | | |
|---|--|-----------------------------|--|-----------------------------|
| | Летне-осенний | | Зимний | |
| | Градиент изменения стока α , м ³ /с/10 лет | Коэффициент корреляции, r | Градиент изменения стока α , м ³ /с/10 лет | Коэффициент корреляции, r |
| Копаяювка – с. Черск | 0,02 | 0,14 | 0,07 | 0,37 |
| Мухавец – г. Брест | -1,04 | 0,43 | -0,05 | 0,00 |
| кан. Ореховский – с. Меленково | 0,02 | 0,04 | 0,20 | 0,18 |
| Рыта – с. Малые Радваничи | -0,04 | 0,14 | 0,06 | 0,09 |
| Малорита – г. Малорита | -0,08 | 0,46 | 0,02 | 0,04 |
| Лесная – с. Тюхиничи | -0,43 | 0,35 | -0,22 | 0,10 |
| Днепр – г. Речица | 2,80 | 0,28 | 11,99 | 0,68 |
| Березина – г. Бобруйск | 0,25 | 0,08 | 1,39 | 0,40 |
| Сож – г. Гомель | 1,58 | 0,19 | 4,54 | 0,48 |
| Уза – с. Прибор | 0,04 | 0,46 | 0,05 | 0,27 |
| Верхняя Брагинка – с. Рудня | 0,03 | 0,12 | 0,10 | 0,33 |
| Припять – г. Туров | 5,85 | 0,30 | 9,90 | 0,29 |
| Припять – г. Мозырь | 3,49 | 0,16 | 11,00 | 0,40 |
| Неслуха – с. Рудск | 0,01 | 0,12 | 0,06 | 0,21 |
| Ясельда – с. Сенин | 0,59 | 0,36 | 1,31 | 0,32 |
| кан. Винец – с. Рыгали | 0,01 | 0,24 | 0,07 | 0,58 |
| Меречанка – с. Красеево | 0,01 | 0,17 | 0,03 | 0,38 |
| Цна – с. Дятловичи | 0,11 | 0,31 | 0,27 | 0,33 |
| Горынь – пос. Речица | 1,80 | 0,38 | 2,10 | 0,16 |
| Лань – с. Мокрово | -0,40 | 0,32 | 0,53 | 0,31 |
| Случь – с. Ленин | -0,30 | 0,20 | 0,16 | 0,05 |
| кан. Бычок – с. Озераны | -0,04 | 0,36 | -0,05 | 0,23 |
| Свиновод – с. Симоничи | 0,00 | 0,10 | 0,09 | 0,48 |
| Уборть – с. Краснобережье | 0,44 | 0,46 | 0,40 | 0,11 |
| Птичь – Лучицы | 0,72 | 0,37 | 1,10 | 0,40 |
| Шать – Шацк | -0,04 | 0,37 | 0,05 | 0,31 |
| Доколька – с. Бояново | 0,02 | 0,21 | 0,04 | 0,05 |
| Оресса – с. Анреевка | 0,32 | 0,30 | 0,76 | 0,46 |
| Примечание – Выделены статистически значимые коэффициенты корреляции на 5% уровне значимости. | | | | |

Зимний минимальный сток увеличился на 90 % исследуемых рек, из них на 53 % рек увеличился значимо ($k_i \geq 0,27$), на 20 % более чем в 2 раза (Ясельда, Оресса, Лань, Цна, Словечна, Чертень, Вить, Мухавец, Жабинка, Копаяювка). Зимний минимальный сток уменьшился на 10% рек, в большинстве своем это реки бассейна р. Западный Буг.

Увеличение летне-осеннего минимального стока может быть связано с осушительными мелиорациями, в результате которых были сброшены, частично, вековые запасы грунтовых вод верхнего горизонта. Кроме того, произошло увеличение проводящей сети. Ранее влага накапливалась в торфяных болотах и расходовалась на испарение, после устройства осушительных каналов уменьшились пути фильтрации, вода быстрее попадает в систему мелиоративных каналов. Осушение и освоение болот способствовало перераспределению объемов стока, а также уменьшению поверхностного стока и увеличению подземного стока. Поверхностный сток уменьшается за счет большой аккумулирующей емкости зоны аэрации освоения болот, а подземный сток увеличивается за счет более интенсивного дренирования вод осушительными системами. Увеличение зимнего минимального стока обусловлено в большей степени климатическими факторами. Выявленные изменения

зимнего минимального стока могут быть вызваны общей тенденцией потепления климата и в частности увеличением количества оттепелей в зимний период. Регулярно наблюдаемые в природе периоды временного снижения и повышения водности рек связаны с изменением климатических элементов (осадки, температура воздуха), вызываемых причинами планетарного (общая циркуляция атмосферы) характера.

УДК 556.5 (1/9)

Я.В. Цыбульская, канд. хим. наук, Е.Е. Петлицкий, Н.А. Асмаловский
Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов» (РУП «ЦНИИКИВР»), г. Минск

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ТРАНСГРАНИЧНЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЗАПАДНАЯ ДВИНА НА ТЕРРИТОРИИ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ

Подавляющее число водных объектов в той или иной степени испытывает различно-го рода антропогенную нагрузку. Введение в эксплуатацию новых объектов хозяйствования, в частности больших свиноводческих комплексов, усугубляет существующие проблемы.

В Псковской области с 2010 г. начато строительство и постепенный ввод в эксплуатацию большого количества свиноводческих комплексов, мощностью 24 тыс. голов и более каждый, ряд из которых расположен на водосборах трансграничных водных объектов. Такие комплексы являются потенциальным источником загрязнения окружающей среды, в том числе и водных объектов. Функционирование комплексов связано со значительным водопотреблением и образованием большого количества сточных вод, требующих надежных методов их утилизации [1, 2].

На свиноводческих комплексах, построенных в Псковской области, утилизация их происходит посредством бактериологической переработки накопленных в «лагунах» приблизительно в течение года стоков и дальнейшем вывозе их в качестве удобрения на земельные угодья комплексов, где будут выращиваться кормовые культуры. При недостаточной гидроизоляции «лагунов» через стенки и дно может происходить фильтрация стоков и загрязнение подземных вод, которое не ограничивается территориями комплексов, хранилищ отходов, а распространяется вниз по течению потока на значительные расстояния, питая поверхностные воды и загрязняя их. Внесенные на сельскохозяйственные угодья в большом количестве переработанные стоки в качестве удобрения, также является источником загрязнений водосборной территории.

Поэтому представляется актуальным на границе Витебской и Псковской областей проведения мониторинга гидрохимического состояния трансграничных участков малых рек, на водосборе которых находятся свиноводческие комплексы.

РУП ЦНИИ комплексного использования водных ресурсов в мае и августе 2015 г., а также в зимний (февраль), весенний (май) и летний (август) периоды текущего года проведена оценка качественных характеристик пяти трансграничных водных объектов по наиболее информативным показателям, в наибольшей степени отражающих возможные загрязнения от функционирования свиноводческих комплексов: БПК₅, ХПК, биогенные элементы (азот аммиачный, нитратный и нитритный, фосфор фосфатный и общий), содержание растворенного кислорода, рН, нефтепродукты и СПАВ.

Объекты исследования – р. Нища – на границе Россонского района с Себежским районом (на территории ландшафтного заказника «Красный Бор»), р. Уща – севернее н.п. Перевоз (территория ландшафтного заказника «Синьша») на границе Россонского района с Себежским районом, на водосборе которой находится 3 свиноводческих комплекса, р. Оболь – у истока в н.п. Езерище и северо-западная часть оз. Езерища с

2 комплексами на водосборе и р. Усвяча – на границе Витебского района с Усвятским, на водосборе которой расположено 8 свиноводческих комплексов.

Рассматривая результаты проведенных обследований за весь период наблюдений, можно отметить, что сложившаяся ситуация в отдельных водных объектах неоднозначная. Так, практически повсеместно и во все периоды обследований зафиксировано превышение ХПК. Безусловно, в формировании качества вод, безотносительно антропогенного воздействия, существенную роль играют геохимические особенности территории водосборов и происходящие внутри водных объектов биохимические процессы, приводящие к сезонным колебаниям содержания отдельных компонентов.

Для рассматриваемых водных объектов значительная часть их водосбора заболочена и поступление трудно окисляемых органических веществ природного характера (например, гуминовых кислот и фульвокислот) формирует в целом высокий фон показателя ХПК. Однако на этом общем фоне при разнонаправленных колебаниях просматривается тенденция к накоплению трудно окисляемых веществ. Так в августе текущего года практически во всех рассматриваемых объектах показатель ХПК фиксировался на уровне, близком к 2 ПДК, в то время как в 2015 г. его отметки находились в диапазоне 0,94-1,54 ПДК (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика показателей ХПК в трансграничных водных объектах в 2015 г. и 2017 г.

| Водный объект | Величина ХПК по отношению к ПДК по периодам наблюдения | | | | |
|---------------|--|----------------|-----------------|-------------|---------------|
| | май 2015 г. | август 2015 г. | Февраль 2017 г. | май 2017 г. | август 2017г. |
| р. Нища | | | 1,53 | 1,57 | 1,92 |
| р. Уща | 1,12 | 1,51 | 1,42 | 1,13 | 2,05 |
| р. Оболь | 1,12 | 0,94 | 1,77 | 1,40 | 2,06 |
| оз. Езерище | 1,17 | 1,51 | 1,71 | 1,28 | 2,0 |
| р. Усвяча | 2,0 | 1,54 | 1,65 | 1,66 | 1,99 |

Результаты аналогичных наблюдений 2016 г., проведенных авторами [3] на данных объектах, также свидетельствуют о несоответствии показателя ХПК установленным нормативам и сезонном росте концентрации трудноокисляемых веществ на водотоках, в бассейне которых расположены свиноводческие комплексы.

Кроме того в августе 2015 г. для двух водотоков – р. Уща и р. Оболь отмечено превышение ПДК по биогенным элементам – азоту аммонийному и азоту нитритному. Отметки превышения оценивались соответственно величинами 1,1 и 1,3 ПДК для р. Уща и 1,15 и 4,5 ПДК для р. Оболь. Следует отметить также, что за весь период наблюдений в августе 2015 г. в р. Уща также зафиксированы самые высокие показатели БПК₅ – 0,65 ПДК, фосфора фосфатного – 0,62 ПДК и фосфора общего – 0,3 ПДК, а для р. Оболь самый низкий показатель уровня концентрации растворенного кислорода, находящийся в непосредственной близости от установленного норматива – 6,1 мг/дм³.

Сложившаяся гидрохимическая ситуация в августе 2015 г. на р. Оболь и р. Уща в отношении азота аммонийного, с одной стороны, может свидетельствовать о свежем загрязнении водотоков в результате поступления либо недостаточно очищенных сточных вод либо стоков с загрязненной территории, а с другой - усилением процессов минерализации органического вещества к концу лета. Сезонные колебания концентрации азота аммонийного в незагрязненных водах обычно характеризуются минимальным содержанием в весенне-летний сезоны, в период активной фотосинтетической деятельности, и повышением к концу лета началу осени.

В действительности, при отборе проб в августе 2015 г. во всех обследованных водных объектах в той или иной степени наблюдалось накопление азота аммонийного. В то же время рассмотрение динамики концентраций данного ингредиента в 2017 г. свидетельствует о резком снижении их уровней в августе по сравнению с февралем и маем (таблица 2). Поэтому наблюдаемое загрязнение р. Уща и р. Оболь в августе 2015 г. с большой долей вероятности может быть вызвано антропогенной деятельностью.

Таблица 2 – Динамика концентрационных уровней азота аммонийного в трансграничных водных объектах в течение 2015 г. и 2017 г.

| Водный объект | Содержание N/NH ₄ по периодам наблюдения мг/дм ³ | | | | |
|---------------|--|----------------|-----------------|-------------|---------------|
| | май 2015 г. | август 2015 г. | февраль 2017 г. | май 2017 г. | август 2017г. |
| р. Нища | | | 0,31 | 0,18 | <0,003 |
| р. Уща | 0,22 | 0,42 | 0,19 | 0,18 | <0,003 |
| р. Оболь | 0,18 | 0,45 | 0,18 | 0,20 | 0,01 |
| оз. Езерище | 0,13 | 0,28 | 0,29 | 0,10 | <0,003 |
| р. Усвяча | 0,21 | 0,28 | 0,23 | 0,18 | <0,003 |

При рассмотрении вариации концентраций нитритов на всех исследуемых водных объектах за весь период наблюдений можно отметить, что высокие величины показателя данного ингредиента – 1,3 ПДК для р. Ущаи – 4,5 ПДК для р. Оболь в августе 2015 г. выпадают из общего ряда (таблица 3). Так для р. Уща в остальные периоды наблюдений нитриты практически отсутствовали. Для р. Оболь не зафиксировано присутствия нитритов в мае текущего года, а сезонные колебания, за исключением лета 2015 г. находились в диапазоне 0,2-0,6 ПДК. Для остальных водных объектов в течение всего периода наблюдений характерны достаточно низкие уровни содержания данного ингредиента с узким сезонным диапазоном колебаний.

В незагрязненных водных объектах сезонные колебания нитритов характеризуются практически отсутствием последних зимой, появлением их весной и накоплением до максимального уровня к концу лета, что в той или иной степени проявляется в отношении р. Нища, оз. Езерище и р. Усвяча. Для р. Уща и р. Оболь кардинальные отличия в численных отметках концентраций нитритов и их сезонной динамике дают основание заключить, что имело место антропогенное загрязнение этих водотоков в летний период 2015 г.

Таблица 3 – Динамика концентрационных уровней азота нитритного в трансграничных водных объектах в течение 2015 г. и 2017 гг.

| Водный объект | Содержание N/NO ₂ по периодам наблюдения мг/дм ³ | | | | |
|---------------|--|----------------|-----------------|-------------|----------------|
| | май 2015 г. | август 2015 г. | февраль 2017 г. | май 2017 г. | август 2017 г. |
| р. Нища | | | 0,004 | 0,006 | 0,0069 |
| р. Уща | <0,005 | 0,032 | 0,004 | <0,0025 | <0,0025 |
| р. Оболь | 0,005 | 0,11 | 0,014 | <0,0025 | 0,012 |
| оз. Езерище | 0,005 | 0,007 | <0,0025 | <0,0025 | 0,0082 |
| р. Усвяча | 0,006 | <0,005 | 0,004 | <0,0025 | <0,0025 |

Кроме указанных выше несоответствий некоторых качественных показателей установленным нормативам в трансграничных водных объектах, в мае текущего года в р. Усвяча зафиксировано также превышение ПДК в 1,6 раза для общего фосфора (таблица 4). В то же время содержание фосфора фосфатного составило только 0,33 ПДК, что свидетельствует о загрязнении водотока фосфорсодержащими органическими веществами.

Таблица 4 – Диапазон колебаний концентраций загрязняющих веществ в водных объектах

| Водный объект | Диапазон колебаний концентраций ингредиентов по отношению к ПДК за весь период наблюдений | | | | |
|---------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | БПК ₅ | N/NH ₄ | N/NO ₂ | P/PO ₄ | P _{общ.} |
| р. Нища | 0,28-0,42 | <0,008-0,79 | 0,16-0,29 | 0,34-0,42 | 0,16-0,4 |
| р. Уща | 0,32 0,65 | <0,008-1,1 | <0,10-1,3 | 0,12-0,62 | 0,05-0,2 |
| р. Оболь | 0,17-0,47 | 0,03-1,15 | <0,1-4,5 | 0,08-0,64 | 0,04-0,33 |
| оз. Езерище | 0,25-0,63 | <0,008-0,74 | <0,1-0,34 | <0,08-0,32 | 0,05-0,15 |
| р. Усвяча | 0,32-0,53 | <0,008-0,72 | <0,1-0,25 | <0,08-0,79 | 0,03-1,6 |

Рассматривая динамику и диапазоны колебаний концентраций загрязняющих веществ (таблицы 2-4) во всех водных объектах и за весь период наблюдений можно отметить, что четкой закономерности в отношении изменения качественных показателей под влиянием свиноводческих комплексов пока не наблюдается. Так для всех водотоков показатели БПК₅ варьируют в довольно узких пределах, однако колебания разнонаправленные и не зависят от сезона наблюдений. Для азота аммонийного отмечено накопление в августе по отношению к маю в 2015 г., а в дальнейшем – снижение, вплоть до практического отсутствия в августе текущего года. Во всех водных объектах наименьшее содержание нитритов зафиксировано в мае текущего года при разнонаправленных колебаниях в остальные периоды, в целом же ситуация в отношении этого компонента в 2017 г. улучшилась. Для концентрации фосфора фосфатного и общего четко зафиксирован рост в р. Усвяча и оз. Езерище, а для остальных водных объектах сезонные колебания наблюдались в разных направлениях.

Анализируя в целом гидрохимическое состояние исследуемых водных объектов за весь период наблюдений 2015 и 2017 гг., можно отметить, что устойчивых тенденций в отношении изменения качества вод, за исключением ХПК, под влиянием свиноводческих комплексов пока не наблюдается. Однако, учитывая зафиксированные превышения ПДК в отношении азота аммонийного и нитритного в р. Уща и р. Оболь в 2015 г. и фосфора общего в р. Усвяча в текущем году, а также устойчивое накопление трудно окисляемых веществ, целесообразно продолжить наблюдения за качеством вод трансграничных объектов, на водосборах которых функционируют свиноводческие комплексы, поскольку с течением времени риски загрязнения водных объектов будут усугубляться в связи с вводом всех комплексов в эксплуатацию, возрастанием объема стоков, увеличением, как площадей сельхозугодий на водосборе для принятия переработанных стоков, так и нагрузки на них.

Список использованных источников

- 1 О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1997 году: Государственный доклад // Зеленый мир. – 1998. – № 25. – С. 9.
- 2 Ведомственные нормы технологического проектирования свиноводческих предприятий ВЛТП 2-96. Минсельпрод России – Москва, 1998.
- 3 Демидов, А.Л., Кузьмин, С.И., Воробьев, Д.С., Рудаковский, И.А., Олешкевич, О.М. Состояние поверхностных вод трансграничных водотоков в бассейне реки Западная Двина, поступающих с территории Российской Федерации. // Экологическая культура и охрана окружающей среды: II Дорофеевские чтения: материалы межд. научно-практической конференции, Витебск, 29-30 ноября 2016 г. / Витеб. Гос. ун-т. – С. 36-37.

УДК 556.5 (1/9)

Е.Е. Петлицкий, С.Н. Скуратович, Н.А. Асмаловский

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск

ЛИМИТИРУЮЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТОКА МАЛЫХ ТРАНСГРАНИЧНЫХ ВОДОТОКОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЗАПАДНАЯ ДВИНА С УЧЕТОМ АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА

Исследуемая приграничная территория бассейна реки Западная Двина отличается достаточно сложной гидрографической сетью. Большое количество средних, малых и очень малых рек пересекают границу между Витебской областью Республики Беларусь, Псковской и Смоленской областями Российской Федерации, то есть речной сток частично формируется на территории Республики Беларусь, а устья этих рек уже расположены в

пределах Российской Федерации. И наоборот, истоки основных правых притоков реки Западная Двина формируются на территории Российской Федерации и плавно переходят на территорию Витебской области Республики Беларусь в бассейне Западной Двины.

Для достижения гидроэкологического благополучия трансграничных водных объектов требуется особый подход, основанный на концепции управления водными ресурсами в рамках международного сотрудничества.

В 2015 году проведены экспедиционные исследования малых трансграничных водотоков бассейна Западной Двины для выполнения расчетов характеристик лимитирующего стока и их прогноза с учетом изменения климата при отсутствии фондовых данных.

Сделано обобщение закономерности формирования минимального стока в летне-осенние периоды времени с учетом современного состояния климата; выполнены расчеты характеристик лимитирующего стока и их прогноз с учетом изменения климата при отсутствии фондовых данных с использованием результатов проведенных экспедиционных исследований, характеристик трансграничных водосборов.

Для выполнения исследований по расчету лимитирующих характеристик стока малых трансграничных рек бассейна Западной Двины были проанализированы полученные ранее расчетные данные о возможных сдвигках лимитирующих месяцев в многолетнем разрезе по бассейнам рек Беларуси.

Выявлены причины изменения в минимальном стоковом режиме; проанализированы изменения климатических показателей влияющих на речной сток; представлены результаты расчетов нормативных лимитирующих расходов воды и модуль 95 % обеспеченности минимального летне-осеннего и зимнего стока; обозначены изменения важнейших климатических показателей в бассейне Западной Двины на территории Беларуси на период 2021-2050 гг. (для среднего значения 2035 г.).

Основная доля исследуемых трансграничных рек в пределах Псковской, Смоленской и Тверской областей – это малые и средние реки с площадями водосбора от 46,4 км² (р. Чернец) до 18000 км² (р. Западная Двина) и соответственно длиной от 6,0 км до 338 км, формирующихся полностью на территориях Псковской, Тверской и Смоленской областей. Через Государственную границу в направлении с севера на юг водотоки переходят на территорию Витебской области Республики Беларусь [1]. Из 9 трансграничных рек наиболее крупная река Западная Двина, а остальные реки относятся к градации средних и малых.

Основная доля исследуемых трансграничных рек в пределах Витебской области – это малые реки с площадями водосбора от 4,2 км² (р. Балазна) до 536 км² (р. Овсянка) и соответственно длиной от 1,0 км до 76,0 км, формирующиеся полностью на территории Витебской области Республики Беларусь. Через Государственную границу в направлении с юга на север водотоки переходят на территорию Псковской и Смоленской областей Российской Федерации. Из 10 трансграничных рек только р. Ловать относится к средним водотокам, а остальные реки относятся к градации малых и очень малых.

Для окончательной корректировки лимитирующих расходов воды в меженный летне-осенний период были проведены полевые экспедиционные исследования по режиму минимального стока в данный период на малых неизученных трансграничных водотоках в бассейне реки Западная Двина.

Для расчета лимитирующих характеристик стока по водотокам неохваченных регулярными наблюдениями, выбрано в бассейне Западной Двины 19 рек с общей площадью водосбора 29505 км². Из них 9 рек, это реки которые формируются на территории Псковской, Смоленской и Тверской областей и через границу перетекают на территорию Витебской области (Свольна, Нища, Уща (Дрисса), Полота, Чернец, Оболь, Усвяча, Западная Двина и Каспля). 10 рек формируются на территории Витебской области и перетекают на территории Псковской и Смоленской областей (канал «Дегтеревка», Ведетица, Воронка, Ловать, Овсянка, Мельника, Ладыгино, Балазна, Сухая Поленница и Колышанка). Необходимо отметить, что выбраны все водотоки пересекающие в двух направлениях по линии Государственной границы по выше перечисленным областям в Российской Федерации и

Республики Беларусь. На долю рек формирующихся в Российской Федерации приходится 28090 км² или 95 % от общей площади водосбора. На долю рек формирующихся в Республике Беларусь приходится 1415 км² или 5 % от общей площади водосбора.

На современном этапе в водохозяйственной практике принято, что экологическая безопасность и гидрологическая обеспеченность реки сохраняется при расходе воды в размере 75 % минимального среднемесячного расхода воды в год 95 % вероятности превышения годового стока. Такой подход является достаточно упрощенным и не основывается на глубоком исследовании особенностей формирования минимальных расходов воды в принципе.

В качестве критических, комплексных универсальных характеристик приняты следующие показатели: относительное внутригодовое помесечное распределение стока, характерное для маловодных периодов на данной реке; характеристика продолжительности стояния суточных расходов воды в течение года, то есть наиболее вероятные значения по материалам наблюдений расходов воды, соответствующие продолжительности стояния за 30, 90, 180, 270 и 355 дней для данного створа на реке [2].

Результаты расчетов нормативных лимитирующих расходов воды и модуль 95 % обеспеченности минимального летне-осеннего и зимнего стока малых трансграничных водотоков не охваченных регулярными наблюдениями в бассейне реки Западная Двина поступающих с территории Республики Беларусь на территорию Российской Федерации сведены в таблицу 1.

Данные, представленные в 2013 г. в материалах пятого доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), свидетельствуют о том, что изменение климата является неоспоримым фактом, который подтверждается наблюдениями за повышением глобальной средней температуры воздуха и океанов, широко распространенным таянием снега и льда, повышением уровня Мирового океана [3].

В наиболее общем виде по сценариям изменения климата на период 2021-2050 гг. (для среднего значения 2035 г.) для бассейна реки Западная Двина можно сформулировать следующие выводы:

- в среднем за год повышением температуры воздуха на 1,4-1,8 °С с максимальным повышением температуры в зимние и весенние месяцы (на 2,7-3,2 °С);
- в среднем за год увеличением осадков на 2,5-5,4 % с незначительным уменьшением количества осадков в летние месяцы и увеличением количества осадков в другие месяцы.

Для прогнозных оценок изменения стока рек бассейна Западной Двины адаптирован метод гидролого-климатических расчетов (ГКР), предложенный В.С. Мезенцевым [4], основанный на совместном решении уравнений водного и теплоэнергетического балансов. Как следует из результатов прогнозов, среднегодовой сток в бассейне реки Западная Двина может измениться незначительно, причем в пределах двух процентов оценивается как его прогнозное снижение (на большей части бассейна реки), так и увеличение, что в принципе находится в пределах погрешности гидрологических расчетов. Лишь в районе населенных пунктов Оболь и Шарковщина может прогнозироваться увеличение среднегодового поверхностного стока до 6%, что также не является значительным.

Вместе с тем, как следует из прогноза изменения поверхностного стока, в бассейне реки Западная Двина наиболее проблемный период – летне-осенняя межень. В этот период сокращение поверхностного стока может составить максимально до 40%. Поэтому значимыми и необходимыми являются прогнозы стока для летне-осеннего периода, которые представлены далее в таблице 2.

Для зимнего периода прогноз является более благоприятным, сокращение поверхностного стока не прогнозируется, и, вероятнее всего, можно ожидать даже его незначительного увеличения – максимально, на 10 %. Поэтому основное внимание при прогнозе стока неизученных малых трансграничных водотоков в бассейне реки Западная Двина уделено маловодным условиям летне-осенней межени.

Таблица 1 – Нормативные лимитирующие расходы воды (м³/с) и модуль 95% обеспеченности минимального летне-осеннего и зимнего стока (л/с км²) малых трансграничных водотоков не охваченных регулярными наблюдениями в бассейне р. Западная Двина, поступающих с территории Республики Беларусь на территорию Российской Федерации

| N/N | Трансграничный водосбор реки | Площадь водосбора, км ² | Средне-годовой расход воды в маловодный год, м ³ /с | Нормативные минимально допустимые расходы воды, не подлежащие изъятию по месяцам, м ³ /с | | | | | | | | | | Модуль стока 95% обеспеченности, л/с км ² | | | |
|-----|------------------------------|------------------------------------|--|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|--------|---------------|--------|
| | | | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | летне-осенний | зимний |
| 1. | Канал «Дегтяревка» | 259 | 1,07 | 0,060 | 0,071 | 0,11 | 0,17 | 0,16 | 0,064 | 0,046 | 0,045 | 0,052 | 0,072 | 0,088 | 0,13 | 0,30 | 0,49 |
| 2. | Веделица | 40,0 | 0,20 | 0,012 | 0,009 | 0,009 | 0,058 | 0,037 | 0,011 | 0,006 | 0,0050 | 0,007 | 0,006 | 0,018 | 0,018 | 0,063 | 0,099 |
| 3. | Воронка | 11,3 | 0,070 | 0,0020 | 0,0014 | 0,0057 | 0,030 | 0,012 | 0,0041 | 0,0019 | 0,0011 | 0,0013 | 0,0017 | 0,0023 | 0,0070 | 0,005 | 0,027 |
| 4. | Ловать | 483 | 2,98 | 0,075 | 0,063 | 0,24 | 1,27 | 0,51 | 0,17 | 0,080 | 0,048 | 0,054 | 0,072 | 0,098 | 0,30 | 1,75 | 1,17 |
| 5. | Мельника | 43,2 | 0,27 | 0,0068 | 0,0057 | 0,022 | 0,115 | 0,046 | 0,016 | 0,0073 | 0,0043 | 0,0049 | 0,0065 | 0,0089 | 0,027 | 0,16 | 0,10 |
| 6. | Ладьино (Конищевка) | 20,0 | 0,073 | 0,0010 | 0,0010 | 0,017 | 0,027 | 0,0047 | 0,0023 | 0,0053 | 0,0063 | 0,0031 | 0,0019 | 0,0027 | 0,0010 | 0,012 | 0,0050 |
| 7. | Балазна | 4,2 | 0,015 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0037 | 0,0057 | 0,0010 | 0,0005 | 0,0011 | 0,0013 | 0,0010 | 0,0004 | 0,0006 | 0,0002 | 0,0025 | 0,0010 |
| 8. | Сухая Поленница | 8,5 | 0,031 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0074 | 0,011 | 0,0020 | 0,0010 | 0,0023 | 0,0027 | 0,0013 | 0,0008 | 0,0011 | 0,0004 | 0,0052 | 0,0021 |
| 9. | Кольшанка | 9,6 | 0,035 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0084 | 0,013 | 0,0023 | 0,0011 | 0,0025 | 0,0030 | 0,0015 | 0,0009 | 0,0013 | 0,0001 | 0,0058 | 0,0023 |
| 10. | Чернец* | 170 | 0,86 | 0,051 | 0,038 | 0,038 | 0,25 | 0,16 | 0,047 | 0,025 | 0,023 | 0,028 | 0,046 | 0,076 | 0,078 | 0,27 | 0,42 |

Примечание: Чернец* – водоток поступающий с территории Российской Федерации на территорию Республики Беларусь

Таблица 2 – Результаты оценки изменения поверхностного стока для летне-осеннего периода (как наиболее проблемного с учетом прогноза изменения климата и поверхностного стока) для исследуемых малых трансграничных водотоков

| N/N | Трансграничный водосбор реки | Площадь водосбора, км ² | Средне-годовой расход воды в маловодный год, м ³ /с | Модуль стока 95% обеспеченности (q , л/с км ²), прогноз его изменения на период 2016-2050 гг. ($q_{пр.}$, л/с км ²); прогнозный расход воды ($Q_{пр.}$, м ³ /с), а также МДРВ НПИ ($Q_{МДРВ\ НПИ}$, м ³ /с) с учетом изменения климата для летне-осеннего периода | | | |
|-----|------------------------------|------------------------------------|--|--|-----------|-----------|-----------------|
| | | | | q | $q_{пр.}$ | $Q_{пр.}$ | $Q_{МДРВ\ НПИ}$ |
| 1. | Канал «Дегтярев-ка» | 259 | 1,07 | 0,30 | 0,21 | 0,054 | 0,045 |
| 2. | Ведетица | 40,0 | 0,20 | 0,063 | 0,044 | 0,0018 | 0,005 |
| 3. | Воронка | 11,3 | 0,070 | 0,005 | 0,0035 | 0,0 | 0,0011 |
| 4. | Ловать | 483 | 2,98 | 1,75 | 1,23 | 0,594 | 0,048 |
| 5. | Мелынка | 43,2 | 0,27 | 0,16 | 0,112 | 0,0048 | 0,0043 |
| 6. | Ладыгино (Конищевка) | 20,0 | 0,073 | 0,012 | 0,0084 | 0,00017 | 0,0019 |
| 7. | Балазна | 4,2 | 0,015 | 0,0025 | 0,0018 | 0,0 | 0,0004 |
| 8. | Сухая Поленница | 8,5 | 0,031 | 0,0052 | 0,0036 | 0,0 | 0,0008 |
| 9. | Кольшанка | 9,6 | 0,035 | 0,0058 | 0,0041 | 0,0 | 0,0009 |
| 10. | Чернец* | 170 | 0,86 | 0,27 | 0,189 | 0,032 | 0,023 |

Примечания: Чернец* – водоток, поступающий с территории Российской Федерации на территорию Республики Беларусь;
МДРВ НПИ - минимально допустимый расход воды, не подлежащие изъятию в течение летнего и зимнего периодов, м³/с;
Если значение расхода меньше 0,0001 м³/с, оно считается равным нулю.

На основании выполненной оценки прогноза изменения климата и поверхностного стока можно сделать следующие выводы о вероятности изменения поверхностного стока:

- вероятно незначительное сокращение среднегодового поверхностного стока (до 10 %);
- вероятно значительное прогнозное сокращение поверхностного стока в бассейне реки Западная Двина в летне-осенний период (на 10-40 %) за счет более теплого и сухого летне-осеннего периода;
- вероятно незначительное прогнозное увеличение стока в зимний период (до 10 %) за счет более теплых зим и оттепелей.

Из выполненных расчетов прогноза поверхностного стока с учетом изменения климата следует, что вероятное значительное прогнозное сокращение поверхностного стока в летне-осенний период особенно негативно может сказаться на малых водотоках, среднегодовой расход воды которых в маловодный год в современных условиях составляет менее 50,0 л/с. При этом вообще может произойти усыхание этих водотоков и прекращение их функционирования как водных объектов. Этот вывод также подтвердили экспедиционные исследования, проведенные в августе 2015 года в период экстремальной летней межени.

В результате выполненных работ была получена полная и надежная информация об основных статистических характеристиках многолетних рядов минимальных среднемесячных расходов воды за период зимней и летне-осенней межени. Статистические характеристики стока рек в меженные периоды (зима и лето-осень) в бассейне р. Западная Двина представлены в таблице 3.

Почти на всех реках в бассейне р. Западная Двина выявлена тенденция к повышению водности в зимнюю межень на 30-70 %, также произошли изменения в структуре меженных периодов. За последние 30 лет были отмечены тенденции в смещении частоты попадания минимального расхода в течение года с зимних периодов на летне-осенние периоды.

Таблица 3 – Статистические характеристики меженных периодов (зима и лето-осень) трансграничных рек на границе Республики Беларусь и Российской Федерации в бассейне реки Западная Двина.

| № п/п | Река – створ | Площадь водосбора, км ² | Межень | Средний расход воды, м ³ /с (Q ср) | Прогнозный расход воды (средний за период), м ³ /с (Qпр) | Коэффициент вариации (Cv) | Ординаты эмпирических кривых обеспеченностей, м ³ /с | | | | | Наименьший средне-месячный расход воды, м ³ /с (Q мин) | Прогнозный наименьший среднемесячный расход воды, м ³ /с (Q мин пр) |
|-------|--------------------------------|------------------------------------|--------|---|---|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|---|--|
| | | | | | | | 50% | 75% | 80% | 90% | 95% | | |
| 1. | р. Западная Двина – ГГРБ с РФ* | 18000 | зима | 49,61 | 52,6 | 0,55 | 44,08 | 31,48 | 28,89 | 21,40 | 16,41 | 6,44 | 6,83 |
| | | | ЛЮ | 46,98 | 32,89 | 0,56 | 39,10 | 29,41 | 27,30 | 22,81 | 19,88 | 14,18 | 9,22 |
| 2. | р. Усвяча – ГГРБ с РФ | 1910 | зима | 6,02 | 6,1 | 0,52 | 5,78 | 3,22 | 2,98 | 2,68 | 1,46 | 1,40 | 1,43 |
| | | | ЛЮ | 6,24 | 4,37 | 0,40 | 3,71 | 2,86 | 2,62 | 2,25 | 2,19 | 2,13 | 1,49 |
| 3. | р. Овянка – ГГРБ с РФ | 594 | зима | 1,87 | 2,00 | 0,52 | 1,80 | 1,00 | 0,93 | 0,83 | 0,45 | 0,45 | 0,48 |
| | | | ЛЮ | 1,23 | 0,86 | 0,40 | 1,15 | 0,89 | 0,81 | 0,70 | 0,68 | 0,66 | 0,46 |
| 4. | р. Оболь – ГГРБ с РФ | 281 | зима | 0,77 | 0,83 | 0,65 | 0,69 | 0,41 | 0,33 | 0,16 | 0,078 | 0,012 | 0,013 |
| | | | ЛЮ | 0,60 | 0,42 | 0,56 | 0,57 | 0,38 | 0,31 | 0,23 | 0,14 | 0,078 | 0,055 |
| 5. | р. Полота – ГГРБ с РФ | 157 | зима | 0,67 | 0,72 | 0,54 | 0,60 | 0,39 | 0,35 | 0,31 | 0,24 | 0,10 | 0,108 |
| | | | ЛЮ | 0,43 | 0,32 | 0,62 | 0,37 | 0,24 | 0,23 | 0,19 | 0,15 | 0,066 | 0,046 |
| 6. | р. Уща (Дрисса) – ГГРБ с РФ | 1380 | зима | 7,70 | 8,16 | 0,36 | 7,26 | 5,68 | 5,41 | 4,49 | 3,81 | 3,03 | 3,27 |
| | | | ЛЮ | 5,06 | 3,80 | 0,41 | 4,70 | 3,79 | 3,55 | 2,97 | 2,76 | 2,43 | 1,70 |
| 7. | р. Ница – ГГРБ с РФ | 520 | зима | 1,99 | 2,15 | 0,68 | 1,66 | 1,03 | 0,96 | 0,83 | 0,68 | 0,36 | 0,39 |
| | | | ЛЮ | 1,16 | 0,87 | 0,73 | 0,95 | 0,72 | 0,68 | 0,52 | 0,42 | 0,17 | 0,13 |
| 8. | р. Свольна – ГГРБ с РФ | 540 | зима | 2,06 | 2,22 | 0,62 | 1,87 | 1,82 | 1,65 | 1,49 | 1,15 | 2,45 | 2,65 |
| | | | ЛЮ | 1,71 | 1,28 | 0,39 | 1,55 | 1,34 | 1,28 | 0,97 | 0,91 | 0,63 | 0,47 |
| 9. | р. Каспля – ГГРБ с РФ | 4870 | зима | 13,4 | 14,47 | 0,53 | 11,9 | 8,52 | 7,82 | 5,79 | 4,44 | 1,74 | 1,86 |
| | | | ЛЮ | 12,7 | 9,53 | 0,55 | 10,6 | 7,96 | 7,39 | 6,17 | 5,38 | 3,84 | 2,69 |

Примечания: «ЛЮ» – «лето – осень»;

ГГРБ с РФ* - Государственная граница Республики Беларусь с Российской Федерацией

Проведенный анализ величин меженного минимального стока показал, что величина модуля минимального летне-осеннего стока меньше зимнего для бассейна р. Западная Двина – на 22-68 %. Очевидно, что на реках бассейна Западной Двины в зимнюю межень формируется сток, превышающий его величины в летне-осеннюю межень.

В результате проведенных исследований для всех гидрологических створов в бассейне р. Западная Двина были выделены периоды в наблюдениях, когда минимальный сток зимней и летне-осенней межени определялся как претерпевший количественные изменения за весь период наблюдений за стоковым режимом. Можно говорить о том, что в формировании меженного минимального стока на реках в бассейне Западной Двины на современном этапе произошли существенные изменения, которыми уже нельзя пренебрегать при решении различных водохозяйственных задач.

Список использованных источников

1 Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 5. Белоруссия и Верхнее Поднепровье Ч. I. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1966. – 718 с.

2 Рекомендации по расчету минимально допустимых расходов воды, не подлежащих изъятию из рек, в условиях Республики Беларусь // Минск, Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 2003.

3 Изменение климата, 2013 г. Физическая научная основа. Вклад Рабочей группы I в Пятый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [Резюме для политиков]. – Женева: МГЭИК, 2013. – 28 с. // Материалы МГЭИК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> – Дата доступа: 11.08.2015 г.

4 Мезенцев, В.С. Гидролого-климатическая гипотеза и примеры ее использования/ В.С. Мезенцев // Водные ресурсы, 1995. – Том 22, №3. – С. 299-301.

УДК 504.453

А.В. Яцык¹, академик НААН Украины, д-р техн. наук, проф.;

И.А. Пашенюк¹, канд. эконо. наук; И.В. Гопчак², докторант, доц., канд. геогр. наук;

Т.А. Басюк³, доц., канд. геогр. наук

¹Украинский научно-исследовательский институт водохозяйственно-экологических проблем, г. Киев, ²Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины, г. Киев,

³МЭГУ им. Степана Демьянчука, г. Ровно, Украина

КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ

Характеристика состава и свойств воды как компонента водной экосистемы и среды обитания гидробионтов, а также пригодности ее для конкретных целей использования человеком называется - качеством воды. Определение качества поверхностных вод основывается на основе экологической классификации, которая включает набор гидрофизических, гидрохимических, гидробиологических и других показателей, которые отражают особенности составляющих водных экосистем. Экологическая классификация является критериальной базой экологической оценки качества поверхностных вод, а последняя является составной частью нормативной базы для комплексной характеристики состояния окружающей природной среды и основой для оценки влияния человеческой деятельности на окружающую среду, в том числе и воду [1].

Экологическая оценка (ЭО) качества воды – отнесение вод до определенного класса и категории согласно с экологической классификацией на основе анализа значений показателей (критерий) ее состава и свойств с последующим их вычислением и интегрированием. Что дает информацию о воде как составной водной системы, жизненной среде гидробионтов и важную часть природной среды, в которой обитает человек. А также основой

для установлению экологических нормативов качества воды в отдельных водных объектах или их частей, групп водных объектов и бассейнов рек.

Актуальность и социальная целесообразность ЭО качества речных вод Западного Полесья Украины определяется трансграничным положением бассейнов Западного Буга и Припяти, высокая антропогенная нагрузка их экосистем от промышленно-аграрного комплекса, обостренная экологическая ситуация, которая обусловлена функционированием большого количества водоемких, экологически-опасных промышленных предприятий, значительной урбанизацией территории рядом с усиленным паводковым режимом речного стока.

Расчет ЭО качества воды рек региона проведен согласно «Методике экологической оценки качества поверхностных вод за соответствующими категориями», которая на основе единых экологических критериев разрешает сравнивать качество воды на разных частях водных объектов, в водных объектах разных регионов [2, 3]. Она содержит три блока показателей:

- блок солевого состава – I_1 ;
- блок трофо-сапробиологических (эколого-санитарных) показателей – I_2 ;
- блок показателей специфических веществ токсического воздействия – I_3 .

Результаты ЭО подаются в виде объединенной оценки I_3 , которая обосновывается на заключительных выводах по трех блоках [2, 3] и представлены в таблице.

$$I_3 = \frac{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2}{3}$$

Основной целью исследований является экологическая оценка качества поверхностных вод Западного Полесья Украины.

Объектом исследования являются поверхностные воды главных рек исследованного региона.

Предметом исследования является экологические параметры стока поверхностных вод бассейнов основных рек Западного Полесья Украины.

Экологическая оценка качества поверхностных вод выполнялась относительно главных рек Западного Полесья Украины, принадлежащих к бассейнам Западного Буга и Припяти. А именно: участков собственно Западного Буга и Припяти в пределах Западного Полесья Украины, 6 притоков Западного Буга (Луга, Луга-Свинорийка, Студянка, Гапа, Ягодинка, Копаивка) и 12 притоков Припяти (Турия, Стоход, Вижевка, Стырь, Гилая Липа, Прудник, Сэрна, Черногузка, Зеленка, Горынь, Путиловка).

В результате проведенных исследований за расчетный избран вегетационный период (летне-осенняя межень) 2012 г., который охарактеризован специалистами Гидрометцентра как маловодный, что является лимитирующим фактором для проведения ЭО. Этот год также является наиболее информативным по количеству проведенных мониторинговых исследований в этой части Украинского Полесья.

При определении расчетных пунктов гидроэкологических наблюдений придерживались следующих принципов:

- максимально использовать имеющийся информативный фонд, накопленный в системе государственного мониторинга качества поверхностных вод областных подразделений аналитического контроля, подчиненных различным службам;
- пункты наблюдений на реках должны быть, по возможности, одними и теми же в течение всех отдельных лет, а в случае невозможности соблюдения этого требования, как в ближайшие между собой;
- для определения влияния загрязнения водных объектов промышленными и коммунально-бытовыми сточными водами городов, поселков и сел желательно использовать данные пунктов наблюдений, расположенных выше и ниже этих населенных пунктов.

В конечном счете, были использованы данные о качестве воды рек Западного Полесья Украины в 68 пунктах гидроэкологических и санитарно-гигиенических наблюдений.

Таблица 1 – Объединенная оценка качества воды рек Западного Полесья Украины по наилучшим значениями блочных индексов (I₁, I₂, I₃) и величинной интегрального экологического индекса (I_э) по данным 2012 г.

| Реки* | Значения индексов | | | | | | | | | |
|---|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------|---------------|-------|----------------------------|--------------------------------|--|
| | I ₁ | I ₂ | I ₃ | I _э | Категория | Суб-категория | Класс | Состояние (по категории) | Степень чистоты (по категории) | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| I. Бассейн Западного Буга | | | | | | | | | | |
| р. Западный Буг | 1,7 | 4,3 | 2,3 | 2,8 | 3 | 3(2) | II | хорошее | достаточно чистые | |
| р. Луга | 1,0 | 3,0 | 2,3 | 2,1 | 2 | 2 | II | очень хорошее | чистые | |
| р. Луга-Свинойка | 1,3 | 4,7 | 2,3 | 2,8 | 3 | 3(2) | II | хорошее | достаточно чистые | |
| р. Студянка | 1,0 | 4,8 | 2,0 | 2,6 | 3 | 2-3 | II | очень хорошее – хорошее | чистые – достаточно чистые | |
| р. Ягодька | 1,0 | 3,1 | 2,3 | 2,1 | 2 | 2 | II | очень хорошее | чистые | |
| р. Гапа | 1,0 | 3,4 | 2,8 | 2,4 | 2 | 2(3) | II | очень хорошее | чистые | |
| р. Копайка | 1,0 | 3,1 | 4,0 | 2,7 | 3 | 3(2) | II | хорошее | достаточно чистые | |
| Бассейн Зп. Буга в пределах Западного Полесья Украины | 1,0 | 3,9 | 2,5 | 2,5 | 3 | 2-3 | II | очень хорошее – хорошее | чистые – достаточно чистые | |
| II. Бассейн р. Припять | | | | | | | | | | |
| р. Припять | 1,0 | 3,6 | 2,5 | 2,4 | 2 | 2(3) | II | очень хорошее | чистые | |
| р. Выжевка | 1,0 | 3,7 | 2,3 | 2,3 | 2 | 2(3) | II | очень хорошее | чистые | |
| р. Турия | 1,7 | 3,9 | 2,5 | 2,7 | 3 | 3(2) | II | хорошее | достаточно чистые | |
| р. Стоход | 1,0 | 4,1 | 2,5 | 2,5 | 3 | 2-3 | II | очень хорошее – хорошее | чистые – достаточно чистые | |

Окончание таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|-----|-----|-----|-----|---|------|----|----------------------------|-------------------------------|
| Бассейн р. Стырь, правого притока Припяти | | | | | | | | | |
| р. Стырь | 1,0 | 4,0 | 2,5 | 2,5 | 3 | 2-3 | II | очень хорошее – хорошее | чистые – достаточно чистые |
| р. Гнилая Липа | 1,3 | 4,6 | 2,5 | 2,8 | 3 | 3(2) | II | хорошее | достаточно чистые |
| р. Прудник | 1,0 | 3,9 | 2,3 | 2,4 | 2 | 2(3) | II | очень хорошее | чистые |
| р. Сэрна | 1,0 | 3,4 | 2,3 | 2,2 | 2 | 2 | II | очень хорошее | чистые |
| р. Черногузка | 1,0 | 3,7 | 2,5 | 2,4 | 2 | 2(3) | II | очень хорошее | чистые |
| р. Зеленка | 1,0 | 4,7 | 4,0 | 3,2 | 3 | 3 | II | хорошее | достаточно чистые |
| Бассейн Стыря в пределах Западного Полесья Украины | 1,0 | 4,3 | 2,5 | 2,6 | 3 | 2-3 | II | очень хорошее – хорошее | чистые – достаточно чистые |
| Бассейн Горыни, правого притока Припяти | | | | | | | | | |
| р. Горынь | 1,0 | 4,1 | 2,5 | 2,5 | 3 | 2-3 | II | очень хорошее – хорошее | чистые – достаточно чистые |
| р. Путиловка | 1,0 | 4,3 | 2,3 | 2,5 | 3 | 2-3 | II | очень хорошее – хорошее | чистые – достаточно чистые |
| Бассейн Горыни в пределах Западного Полесья Украины | 1,0 | 4,3 | 2,3 | 2,5 | 3 | 2-3 | II | очень хорошее – хорошее | чистые – достаточно чистые |
| Бассейн Припяти в пределах Западного Полесья Украины | 1,0 | 3,6 | 2,3 | 2,3 | 2 | 2(3) | II | очень хорошее | чистые |
| Примечания: * - в среднем по реке. | | | | | | | | | |
| I ₁ – блочный индекс солевого состава; I ₂ – блочный трофо-сапробиологический индекс; I ₃ – блочный индекс специфических веществ токсического действия; I ₉ – интегральный экологический индекс качества воды. | | | | | | | | | |

Расположение створов установлено с учетом современного использования воды для развития отдельных отраслей народного хозяйства области, источников систематического и аварийного загрязнения вод, данных о водный режим, физико-географических и морфометрических признаков, а также современного расположения пунктов систематических наблюдений служб осуществления государственного мониторинга вод [4].

Исходными данными наиболее полно охарактеризован блок солевого состава, где кроме хлоридов, сульфатов и суммы ионов, для расчетов использовались данные исследований по показателям: кальция, магния, калия, натрия, гидрокарбонатов. Наличие этой информации полностью соответствует требованиям «Методики экологической оценки качества поверхностных вод за соответствующими категориями» [3], как по количеству определений, так и по качеству данных показателей.

Относительно показателей трофо-сапробиологического блока следует отметить, что из 20 показателей, предусмотренных экологической классификацией качества поверхностных вод, обеспечения данными в разных створах было разное и колебалось от 6 до 8 показателей. Блок специфических веществ токсического воздействия, охарактеризован 4 показателями которые, и брались за основу при проведении экологической оценки блока специфических веществ токсического воздействия в современный период.

Экологическая оценка качества поверхностных вод области показывает, что все воды исследуемых рек по солевому составу относятся к 1-й и 2-й категории качества (таблица 1), оцениваются как «отличные» и «очень хорошие» по состоянию, «очень чистые» и «чистые» по степени их чистоты (загрязненности). Главной особенностью территориального распределения показателей солевого состава является четкая гидрохимическая зональность с севера на юг, которая определяется физико-географическими условиями. В общем, по классификации О.А. Альокина [5], вода рек бассейнов Припяти и Западного Буга относится к гидрокарбонатного класса, группы кальция, II-III типа.

Итоговые данные по качеству воды в Западном Полесье Украины свидетельствуют о том, что почти на всех пунктах наблюдений качество воды по трофо-сапробиологическим критериям принадлежала к 3-ей и 5-ой категории: «хорошие» и «посредственные» по состоянию, «достаточно чистые», «умеренно загрязненные» воды по степени их чистоты (загрязненности), по наихудшим величинам имеющихся показателей.

Ограниченная аналитическая информация по показателям блока специфических веществ токсического действия в 2012 году дала возможность разработать только ориентировочную оценку, согласно которой воды рек Западного Полесья Украины, в целом, могут быть охарактеризованы по значениям I_3 как – «очень хорошие», «хорошие» по состоянию, «чистые», «достаточно чистые» по степени их чистоты (загрязненности) и отнесены к категориям 2 и 3.

Расчеты показателя объединенной экологической оценки качества речных вод исследуемого региона (таблица) показали, что величины интегральных индексов (I_3), рассчитанных по наихудшими значениями блочных индексов в 2012 году составляют по рекам: Западного Буга – 2,5; Припяти – 2,3; Стырь – 2,6; Горыни – 2,5. Что классифицирует воды указанных рек как промежуточные между категорией 2 и 3 «очень хорошие», «чистые» и «хорошие», «достаточно чистые», класс воды II. Такой оптимистический результат получен благодаря нивелированию плохих показателей блока трофо-сапробиологических показателей (азот аммонийный, азот нитритный и нитратный, фосфор фосфатов) и блока специфических веществ токсического действия (железо общее), отличными показателями блока солевого состава (сумма ионов, хлориды и сульфаты).

Результаты оценки качества поверхностных вод Западного Полесья Украины свидетельствуют о необходимости проведения целенаправленных мероприятий по улучшению экологической ситуации и защиты экосистемы реки. В первую очередь эти меры должны быть направлены на снижение антропогенного эвтрофирования и загрязнения водных объектов бассейнов специфическими веществами токсического действия.

Выполненная оценка качества речных вод Западного Полесья Украины, может быть использована для определения основных направлений природоохранной деятельности по

оздоровлению экологической обстановки по каждому водному объекту региона или его участка, оценки эффективности проведенных водоохранных мероприятий, установление экологических нормативов качества воды для каждого речного бассейна. Она позволит провести сравнительную характеристику и определить основные направления долгосрочной программы водоохранной деятельности по оздоровлению и улучшению состояния водных ресурсов бассейна Днепра.

Список использованных источников

1 Досвід використання „Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями” (пояснення, застереження, приклади) / А.В. Яцьк, В.М. Жулинський, А.П. Чернявська, І.С. Єзловецька. – К.: Оріони, 2006. – 60 с.

2 Яцьк, А.В. Экологическая оценка качества бассейнов Западного Буга и Припяти (в пределах Волынской области) / Яцьк А.В., Гопчак И.В. Материалы Международного Водного Форума „Современное состояние, проблемы и перспективы использования трансграничных водных объектов” (г. Минск, Республика Беларусь, 1-2 марта 2006) – Минск: Белсэнс, 2006. – С.52.

3 Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Оксіюк та ін., – К.: Символ-Т, 1998. – 28 с.

4 Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25 червня 1991 р. // Екологія і закон: Екологічне законодавство України. У 2-х кн. / Відповід. ред. В.І. Андрейцев. – К.: Юрінком Інтер, 1997. – Кн.1. – С.14-51.

5 Алёкин, О.А. Химический анализ вод суши. – Л.: Гимиз, 1954. – 199 с.

УДК 504.453

А.В. Яцьк¹, академик НААН Украины, д-р техн. наук, проф.;

И.А. Пашенюк¹, канд. эконом. наук; И.В. Гопчак², доц., канд. геогр. наук;

Т.А. Басюк³, канд. геогр. наук

¹Украинский научно-исследовательский институт водохозяйственно-экологических проблем, г. Киев, ²Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины, г. Киев, ³Международный экономико-гуманитарный университет имени акад. Степана Демьянчука, г. Ровно.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕКИ ЗАПАДНЫЙ БУГ

Западный Буг является трансграничной рекой, бассейн которой расположен на территории трех государств: Белоруссии, Польши и Украины.

В результате интенсивного антропогенного воздействия на водные ресурсы Западного Буга возникает потребность научного обоснования рационального водопользования и разработки мероприятий по охране вод трансграничной реки от загрязнения. Ведь, миграция загрязняющих веществ с потоками трансграничных рек, что приводит к вредным последствиям для окружающей среды и здоровья человека, составляет одну из важных национальных проблем, а также имеет непосредственное влияние на экологическую ситуацию стран-соседей, которые совместно пользуются водными бассейнами [1].

Нами было выполнено экологическую оценку использования водных ресурсов бассейна реки Западный Буг (в пределах Украины), которая включает определение основных показателей: антропогенной нагрузки водопользования на водные ресурсы (забор воды и сброс загрязненных сточных вод); экологического состояния водной экосистемы (качество поверхностных вод).

Общая площадь бассейна реки Западный Буг ставит 39420,3 км² (49,2 % его площади находится в Республике Польша; 23,4 % – в Республике Беларусь и 27,4 % – на территории Украины). Длина реки – 772 км. Общий объем речного стока в бассейне реки в средний по

водности год составляет 3885 млн. м³, в том числе в Украине – 1317 млн. м³, в Беларуси – 1131 млн. м³, в Польше – 1437 млн. м³ [2].

Украинская часть бассейна реки Западный Буг находится в пределах двух областей Украины – Волынской и Львовской, и граничит на юго-западе с бассейном р. Сан, на юге – с бассейном р. Днестр, на востоке – с бассейном р. Припять, на севере – с Республикой Беларусь, на западе – с Республикой Польша. Главными притоками Западного Буга в пределах Украины, на которых проводится мониторинг качества поверхностных вод, являются реки Рата, Полтва, Луга и Гапа. Морфометрические характеристики бассейна реки Западный Буг на территории Украины приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Морфометрические характеристики бассейна р. Западный Буг на территории Украины [2]

| № п/п | Показатель | Область | | Всего по бассейну реки |
|-------|--|------------|-------------|------------------------|
| | | Львовская* | Волынская** | |
| 1 | Длина реки, км | 184* | 220** | 404 |
| 2 | Удельный вес области в длине реки, % | 45 | 55 | 100 |
| 3 | Площадь бассейна, тыс.км ² | 6589 | 4619 | 11205 |
| 4 | Удельный вес области в площади бассейна, % | 59 | 41 | 100 |

Примечание: * – 154 км на территории Львовской области и 30 км по административной границе Львовской и Волынской областей;
** – граница Украины и Польши.

Состояние поверхностных вод Западного Буга в значительной степени зависит от негативных воздействий, которые они испытывают в процессе водопользования и хозяйственной деятельности на водосборе.

Динамика водопользования за период с 2012 по 2016 годы показывает, что в бассейне Западного Буга наблюдается тенденция к уменьшению забора воды и ее использования, что связано, прежде всего, с падением спроса на производственные цели [3; 4].

Согласно данным государственной статистической отчетности формы 2-ТП (Водхоз) в 2016 году забор пресной воды из природных водных объектов в бассейне Западного Буга по сравнению с 2012 годом уменьшился на 18,05 млн. м³ и составляет 74,16 млн. м³. Причиной такой тенденции стало уменьшение забора воды из поверхностных водных источников на 9,74 млн. м³. Поверхностные воды бассейна для питьевого водоснабжения не используются, а используются в основном на хозяйственные нужды (энергетическую и пищевую промышленность, рыбное хозяйство, мелиорацию).

Состояние забора и использования подземных вод также характеризуется устойчивыми тенденциями к уменьшению. Из подземных горизонтов в 2016 году фактический забор воды составлял 64,78 млн. м³, что равно 87,35 % от общего объема забранной воды и 10,8 % от утвержденных запасов подземных вод. За период с 2012 год по 2016 год забор воды из подземных горизонтов уменьшился на 8,31 млн. м³ [3; 4].

Из общего объема воды, в среднем 78 % забирают водопользователи Львовской области. Динамика общего объема забора как поверхностных, так и подземных вод в бассейне Западного Буга водопотребителями каждой из областей представлена на рисунке 1.

За период наблюдений объем сточных вод, ежегодно сбрасываемых в бассейн Западного Буга, составляет в среднем 179,81 млн. м³. В основном сбрасывают нормативно-чистую без очистки и очищенную на очистных сооружениях воду.

Основное влияние (в пределах 95 %) на качество поверхностных вод бассейна осуществляют коммунальные и промышленные предприятия Львовской области, в первую очередь, предприятие «Львовводоканал». Стоит отметить, что неэффективная работа очистных сооружений данных предприятий вызвала попадания в 2016 году в р. Западный Буг и ее притоки 39,66 млн. м³ загрязненных недостаточно очищенных сточных вод, в том числе предприятием «Львовводоканал» в р. Полтва было сброшено 36,6 млн. м³ загрязненных сточных вод. Поэтому качество воды реки Западный Буг в верхнем течении в пределах Львовской области по большинству показателей не соответствует нормам ПДК [4].

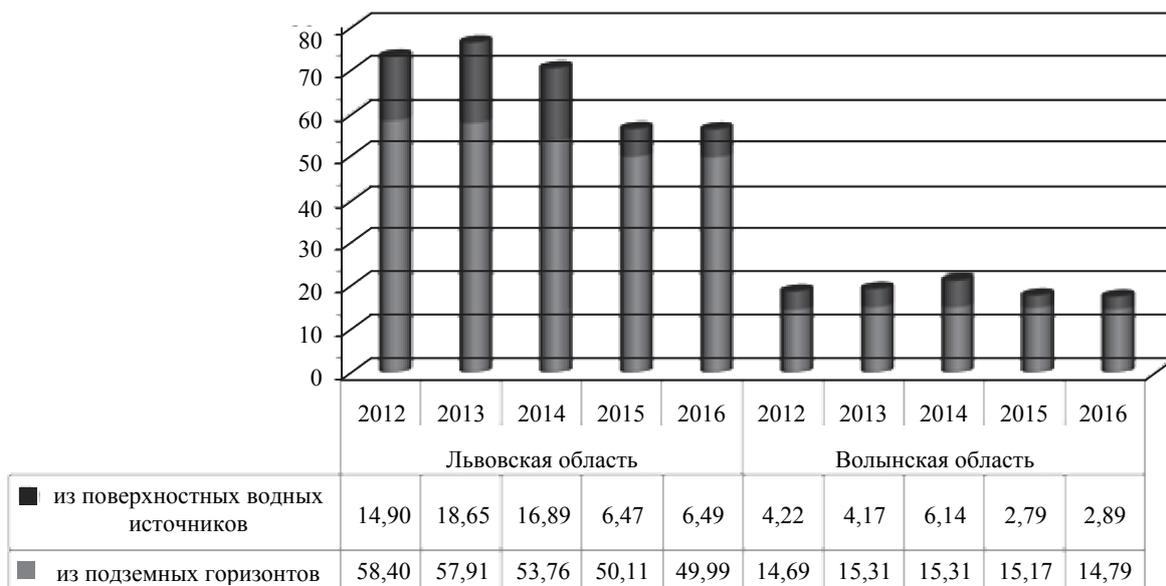


Рисунок 1 – Динамика забора воды бассейна р. Западный Буг в разрезе областей, млн. м³

Сброс неочищенных и недостаточно очищенных коммунальных и промышленных стоков происходит, прежде всего, вследствие физического и морального износа очистных сооружений Львовской области. В результате длительной эксплуатации без необходимого текущего ремонта систем водоснабжения и канализации большинство водопроводно-канализационных хозяйств области находятся в неудовлетворительном техническом состоянии.

Относительно предприятий Волынской области, то их влияние на качество воды реки Западный Буг незначительное. Поскольку объем отведенных в поверхностные водоемы сточных вод от данных объектов составляет лишь 5 % от общего водоотведения в поверхностные водоемы бассейна. Необходимо отметить, что по Волынской области сбросов загрязненных сточных вод в 2016 году не происходило [4].

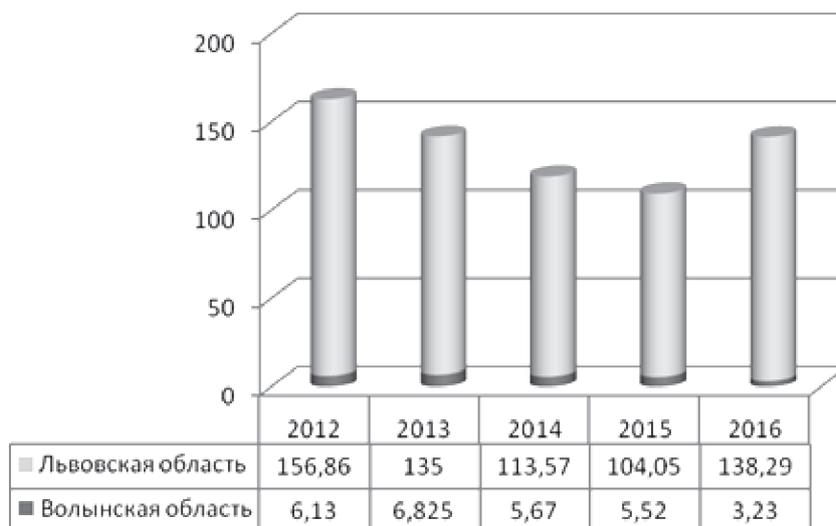


Рисунок 2 – Динамика количества загрязняющих веществ, попавших со сточными водами в поверхностные водоемы бассейна р. Западный Буг, тыс. тонн

Анализ сброса загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты показал, что с 2012 года по 2015 год наблюдалась тенденция уменьшения количества загрязняющих

веществ, которые были сброшены в поверхностные водоемы водопользователями бассейна р. Западный Буг. В 2016 году наблюдается значительное увеличение количества сброшенных загрязняющих веществ предприятиями Львовской области. Всего в 2016 году предприятиями-водопользователями было сброшено загрязняющих веществ на 31,95 тыс. тонн больше, по сравнению с 2015 годом. В общем объеме сбросов загрязняющих веществ основная доля (98% от их общего количества) попала в поверхностные воды от предприятий-водопользователей Львовской области (рисунок 2).

Для анализа влияния водопользования в бассейне Западного Буга было выполнено экологическую оценку качества поверхностных вод по состоянию на 2016 год в соответствии с требованиями «Методики экологической оценки качества поверхностных вод по соответствующим категориям» [5].

За исходные данные для расчетов были приняты усредненные результаты гидроэкологических наблюдений за качеством воды на реке Западный Буг, которые осуществляются лабораториями Волынского и Львовского облводресурсов.

Мониторинг качественного состояния поверхностных вод бассейна реки проводился в 13-ти утвержденных пунктах (створах) наблюдений, расположенных непосредственно на р. Западный Буг (7 створов, из них 3 – на трансграничном участке), на ее притоках (реки Полтва, Рата, Луга, Гапа), на водохранилище (Добротворское) и на озере Свитязь (таблица 2).

Таблица 2 – Пункты государственного мониторинга качества вод бассейна р. Западный Буг [3; 4]

| № п/п | Название створа | Расстояние от устья реки, км | Долгота | Широта | Водный объект | Область |
|-------|--|------------------------------|---------|--------|-----------------|-----------|
| 1 | р. Полтва, с. Камянополь | 30 | 24,05 | 49,30 | р. Полтва | Львовская |
| 2 | м. Каменка-Бугская | 704 | 24,37 | 50,10 | р. Западный Буг | |
| 3 | Добротворское водохранилище, нижний бьеф | 689 | 24,39 | 50,22 | р. Западный Буг | |
| 4 | р. Рата, г. Великие Мосты | 22 | 24,14 | 50,25 | р. Рата | |
| 5 | г. Сокаль | 637 | 24,27 | 50,48 | р. Западный Буг | |
| 6 | с. Старгород | 632 | 24,06 | 50,32 | р. Западный Буг | |
| 7 | с. Литовеж | 631 | 24,11 | 50,37 | р. Западный Буг | Волынская |
| 8 | с. Амбуков, 500 м ниже впадения р. Хучва | 584 | 23,58 | 50,48 | р. Западный Буг | |
| 9 | г. Устилуг, 500 м ниже впадения р. Луга | 569 | 24,08 | 50,52 | р. Западный Буг | |
| 10 | р. Луга, с. Пятидни | 6 | 24,22 | 50,87 | р. Луга | |
| 11 | р. Гапа, ниже озера Ягодинского | 2 | 23,51 | 51,10 | р. Гапа | |
| 12 | с. Забужье | 468 | 23,69 | 51,38 | р. Западный Буг | |
| 13 | оз. Свитязь, с. Свитязь, Шацкий район | 385 | 23,84 | 51,49 | р. Западный Буг | |

Оценка качества воды определена по индексам блока показателей солевого состава воды (I_1), блока трофо-сапробиологических (эколого-санитарных) показателей (I_2), блока специфических веществ токсического и радиационного воздействия (I_3). Обобщенную оценку качества воды проведения по имеющимся показателям отдельных блоков с определением общего интегрального экологического индекса (I_3) [5].

Результаты выполненной оценки приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Комплексная экологическая оценка качества поверхностных вод бассейна р. Западный Буг (за 2016 год)

| № п/п | Название створа | Показатель | | | | | | | |
|-------|--|---------------------|-------|---------------------|-------|---------------------|-------|----------------|-------|
| | | Блок I ₁ | | Блок I ₂ | | Блок I ₃ | | I _э | |
| | | знач. | класс | знач. | класс | знач. | класс | знач. | класс |
| 1 | р. Полтва, с. Камянополь | 3,3 | II | 5,8 | IV | 4 | III | 4,37 | III |
| 2 | м. Каменка-Бугская | 3,0 | II | 5,0 | III | 4 | III | 4,00 | III |
| 3 | Добротворское водохранилище, нижний бьеф | 2,7 | II | 4,7 | III | 4 | III | 3,80 | III |
| 4 | р. Рата, г. Великие Мосты | 1,3 | I | 3,2 | II | 4 | III | 2,83 | II |
| 5 | г. Сокаль | 3,0 | II | 4,6 | III | 4 | III | 3,87 | III |
| 6 | с. Старгород | 2,0 | II | 4,4 | III | 4 | III | 3,47 | II |
| 7 | с. Литовеж | 2,0 | II | 3,9 | III | 4 | III | 3,30 | II |
| 8 | с. Амбуков, 500 м ниже впадения р. Хучва | 2,0 | II | 4,0 | III | 5 | III | 3,67 | III |
| 9 | г. Устилуг, 500 м ниже впадения р. Луга | 1,7 | II | 3,7 | III | 5 | III | 3,47 | II |
| 10 | р. Луга, с. Пятидни | 1,0 | I | 3,7 | III | 4 | III | 2,90 | II |
| 11 | р. Гапа, ниже озера Ягодинского | 1,0 | I | 3,7 | III | 5 | III | 3,23 | II |
| 12 | с. Забужье | 1,7 | II | 3,6 | III | 5 | III | 3,43 | II |
| 13 | оз. Свитязь, с. Свитязь, Шацкий район | 1,0 | I | 2,2 | II | 4 | III | 2,40 | II |

На основании проведенных расчетов было установлено, что по показателям солевого блока (I₁) поверхностные воды бассейна Западного Буга относятся к I-II классу качества.

По показателям трофо-сапробиологического блока (I₂) поверхностные воды бассейна относятся к II-IV классам качества, IV класс – в створе р. Полтва, с. Камянополь (после сброса с очистных сооружений). О роли отдельных компонентов данного блока в формировании его суммарной величины в 2016 году, то она значительно отличается. Наибольшим вкладом в величину блочного индекса (I₂) отмечались такие показатели, как прозрачность, содержание аммонийного, нитратного и нитритного азота. Воды по данным показателям в большинстве случаев относятся к IV классу.

Относительно блока специфических веществ токсического действия (I₃), то в речном бассейне Западного Буга отслеживается наличие только общего железа. Поэтому экологическую оценку по данному блоку можно считать ориентировочной. В 2016 году значение общего железа зафиксировано в пределах 0,12-0,80 мг/дм³. Поверхностные воды бассейна реки по данному блоку относятся к III классу качества.

Всего за итоговим интегральным индексом (I_э) полученным на основе соответствующих блочных показателей, поверхностные воды в бассейне Западного Буга относятся к II и III классам качества воды. Третьим классом качества характеризуются воды бассейна Западного Буга преимущественно на территории Львовской области.

Поэтому, первоочередными мерами для улучшения качества воды в бассейне Западного Буга должны быть:

- 1) повышение эффективности работы очистных сооружений коммунальных и промышленных предприятий Львовской области;
- 2) прекращение сброса неочищенных стоков в реки;
- 3) неуклонное выполнение водопользователями требований действующего водохозяйственного законодательства.

Список использованных источников

1 Яцык, А.В. Экологические основы рационального водопользования / Яцык А.В. – К.: Генеза, 1997. – 640 с.

2 Хільчевський, В.К. Оцінка гідрографічної мережі району річкового басейну Вісли (Західного Бугу та Сану) на території України згідно типології Водної Рамкової Директиви ЄС / В.К. Хільчевський, В.В. Гребінь, М.Р. Забокрицька // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2016. Т.1(40) – С. 29-41.

3 Інформаційний бюлетень про якісний стан поверхневих вод басейну річки Західний Буг у 2015 році. – Луцьк, 2016. – 51 с.

4 Інформаційний бюлетень про якісний стан поверхневих вод басейну річки Західний Буг у 2016 році. – Луцьк, 2017. – 50 с.

5 Методика встановлення та використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України / В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Оксіюк та ін., – К.: 2001. – 48 с.

УДК 621.311.213 + 911.8:911.9

И.Д. Тромбицкий, д-р. биол. наук, директор
Международная ассоциация хранителей реки Есо-TIRAS, Молдова

ГИДРОСТРОИТЕЛЬСТВО И УГРОЗЫ ЭКОСИСТЕМНЫМ УСЛУГАМ ТРАНСГРАНИЧНОГО ДНЕСТРА

Trombitsky I. Hydroconstruction on transboundary Dniester River and its impact on ecosystems.

The Dniester River is shared by Ukraine and Moldova. Currently three dams and four HPPs already exists on river mainstream and additional six have been planned for construction in the next 10 years according to Ukrainian Government Program of Hydropower Development until 2026. The environmental consequences of these plans have been discussed, including in transboundary context, because the evident impact to downstream due to losses of ecosystem services by Moldova and Ukrainian Delta.

По мере планирования и осуществления гидроэнергостроительства на Днестре интенсифицируется обсуждение последствий этой деятельности для экосистем реки и всего трансграничного бассейна (рисунок 1). Прессинг гидроэнергостроительства многообразен и включает как создание множества микро-ГЭС в Карпатах, так и сооружение ГЭС на основном среднем течении (ГЭС-1 и ГЭС-2 Днестровского гидроэнергокомплекса и ГАЭС). Нельзя не брать во внимание построенную еще в середине 20 века Дубоссарскую ГЭС, которая первой прервала естественные миграции рыб из низовий в среднее течение реки. Естественно, что инициаторы строительства новых ГЭС сейчас стремятся преуменьшить, а зачастую и отрицают негативные последствия своей деятельности на экосистемы, при этом выдавая недостатки за достоинства.

Анализируя историю взаимоотношений двух государств бассейна Днестра – Украины и Молдовы по управлению бассейном этой трансграничной реки, в том числе в области принятия решений по смягчению экологических последствий гидроэнергетики, можно с уверенностью утверждать, что до сих пор решения принимались Украиной, в то время как Молдову ставили о них в известность. В свою очередь, в Украине решения диктовались потребностями гидроэнергетики, при том, что формально в них принимали участие представители разных ведомств (Межведомственная комиссия по согласованию режимов работы водохранилищ на Днестре и Днестре при Государственном агентстве водных ресурсов Украины). Так, ежегодно реализация устанавливаемого режима экологических попусков не обеспечивает Дельту Днестра необходимым количеством воды в нужный период. При принятии решений доминирует учёт желания гидроэнергетиков сохранить как можно более высокий уровень воды в Днестровском вдхр., что объективно помогает им вырабатывать больше энергии. В то же время регулярны ссылки на необходимость обеспечения стабильного уровня Днестровского вдхр. для прохождения в нём нереста рыб на фоне возрастающего год от года дефицита воды. При этом рыбопродуктивность водохранилища (41 т)

и разрешенные, но не осваиваемые квоты вылова (90 т) несопоставимы с продуктивностью Дельты (1100 т) (Русев, 2009). Сопоставление ценности рыбного населения с точки зрения сохранения автохтонного биоразнообразия отсутствует. Между тем, именно этот параметр должен браться во внимание при принятии решений, и сохранение таких рыб как завезенные в водоемы Днестра амурские растительноядные рыбы вообще не должно учитываться. Недополучение рамсарскими угодьями воды в Дельте ведет к исчезновению многих видов краснокнижных водно-болотных птиц (колпица, каравайка и многие другие) из-за нарушения условий их размножения. Находятся на грани исчезновения и ряд видов рыб, например евдошка *Umbra krameri*, включенная в Европейскую Красную книгу, чей цикл размножения требует ежегодных весенних разливов реки. Связанные с гидростроительством уменьшение водности и лимнизация русла реки приводят к постепенному исчезновению реофильных видов рыт (чехонь и др.).

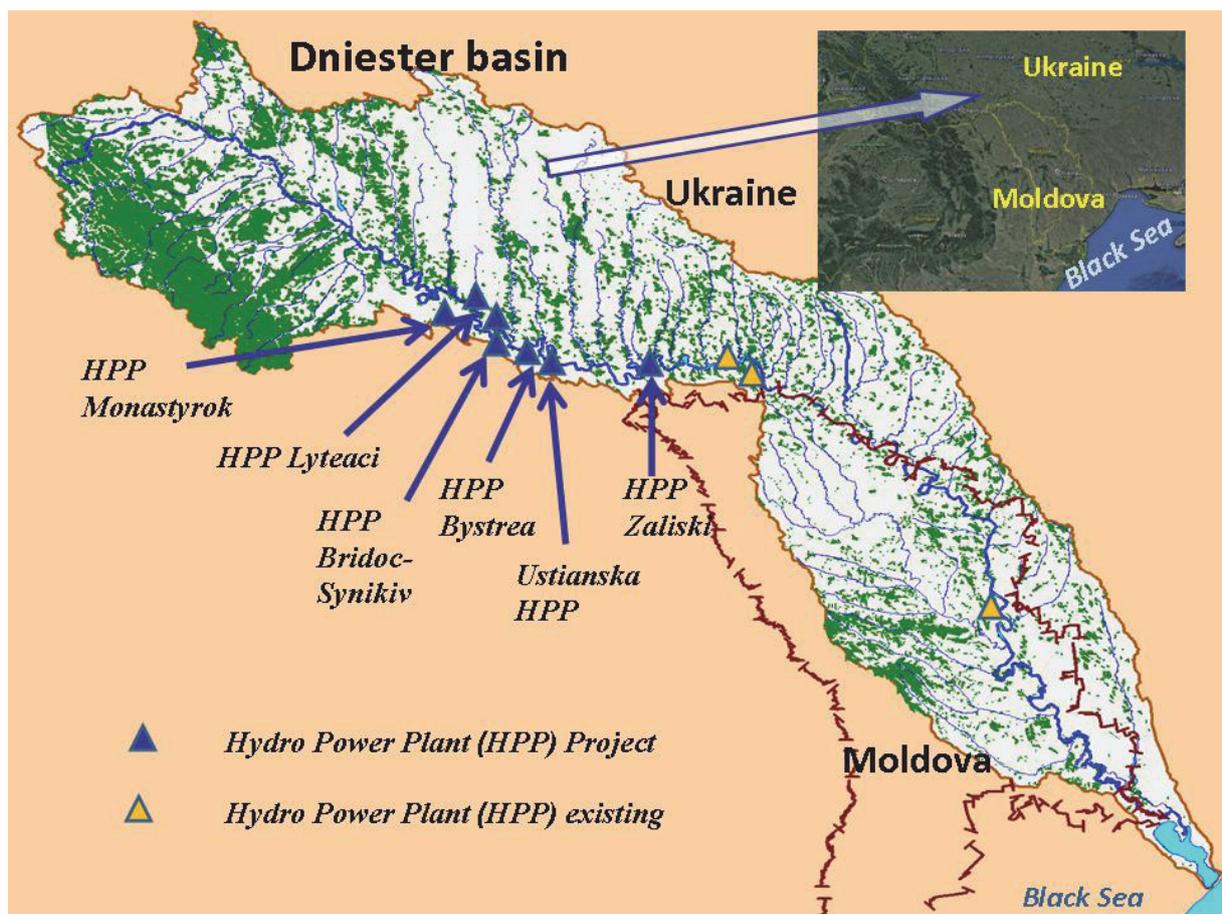


Рисунок 1 – Существующие и планируемые ГЭС в бассейне Днестра

Аргумент о положительном воздействии гидроэнергетики на предотвращение наводнений с трудом может быть поддержан, поскольку именно неэффективное управление Днестровским гидроэнергокомплексом привело к усугублению ущерба, нанесенного наводнением 2008 года. Этот ущерб оценен в 120 млн. долларов США.

Принципы принятия решений на постсоветском пространстве, даже в государствах, подписавших соглашения об ассоциации с ЕС, на практике не сильно изменились с советского времени. На примере Программы развития гидроэнергетики в Украине до 2026 года мы видим, что сначала кабмином принимается не согласованный даже со всеми ведомствами страны документ, а уже затем начинается его запоздалое публичное обсуждение и «проталкивание» на территории, подверженной связанным со строительством изменениям. Соседнее государство при этом ставят перед фактом. Естественно, что при таком подходе не могут быть в достаточной мере учтены социальные, экологические и политические последствия реализации правительственного решения. То есть, на практике переоцениваются

ожидаемые и выдаваемые в качестве привлекательных экономические и финансовые выгоды и практически игнорируются социальные и экологические последствия.

Результаты такого подхода уже видны на примере днепровских водохранилищ, массово зарастающих водяным орехом и сине-зелеными водорослями, заиливающимися и в перспективе умирающих и убивающих реку и всё живое в ней. Меры по стабилизации ситуации, если они вообще предусматриваются, как правило малореалистичны для реализации на практике и более дороги, чем объявлено, Главными проблемами с социальной и экологической точек зрения являются: нарушения прав человека на качественную окружающую среду, в т.ч. в результате переселения местного населения с традиционных для него территорий, утрата экосистемных услуг, в т.ч. биоразнообразия, рыбных запасов, ландшафтного разнообразия и туристического потенциала, влияние на климат, микроклимат и гидрологию (понижение весенних разливов, повышение рисков засух, заиливание водоёмов). Как правило, реализация планов гидростроительства продуцирует коррупцию. Поскольку объектом гидростроительства часто становятся трансграничные реки, оно может вызвать не только местное социальное напряжение, но и международные проблемы и конфликты. Неслучайно поэтому международные инвестиционные банки относят гидростроительство к наиболее рискованной области проектов, а инвестировать в эту отрасль на трансграничных реках зачастую не решаются.

Несомненной проблемой остаётся неразработанность и непопулярность на постсоветском пространстве оценки утрачиваемых в результате хозяйственной деятельности экосистемных услуг, имеющих ясное финансовое выражение. В случае гидростроительства их утраты весьма разнообразны. Во-первых, это воздействие на количество воды. Несмотря на то, что гидроэнергетики привыкли списывать уменьшение годового стока на изменение климата, имеются серьёзные основания считать, что потери стока Днестра в результате ухода воды в карстовые трещины из-за подъема уровня в водохранилищах очень высоки и по оценкам гидрологов достигают как минимум 1.3 куб. км из за строительства только Днестровского вдхр. (Гонтаренко, 1993) и повышаются при искусственном поднятии уровня воды. Воздействие гидроэнергетики на качество воды многообразно. За счет изменения прозрачности и температуры воды, а также амплитуд уровня в реке ухудшаются самоочистительные свойства речной воды, что вызывает повышение стоимости водоподготовки для пищевых нужд. Кроме того, овощи и фрукты вдоль реки созревают с большим опозданием, и не могут быть проданы по хорошим ценам. За счёт дисбаланса учёта потребностей рыбного хозяйства верхнего и нижнего течения при экологических попусках обе страны недополучают большое количество рыбных ресурсов. Наконец, в силу воздействий гидростроительства (холодная речная вода в тёплое время, заиливание реки, изменение микроклимата вдоль реки, развитие сине-зеленых водорослей, утрата рыболовной привлекательности и т.д.) зона вдоль Днестра теряет рекреационную привлекательность и усилия по развитию туризма не приносят успеха.

Так, планируемые к строительству в равнинной части Верхнего Днестра шесть ГЭС нанесут непоправимый ущерб Национальному природному парку «Днестровский каньон» и еще нескольким охраняемым природным территориям (рисунок 2).

Весной 2017 г. премьер-министры Молдовы и Украины договорились подписать соглашение о функционировании Днестровского гидроэнергоузла в том же году. В качестве «компенсации» было принято решение о создании комиссии с международным участием, которая должна оценить состояние Днестра на всём протяжении. При этом и юридический статус комиссии и вопрос нахождения средств для её функционирования остались открытыми. Европейский Союз оказался не готов предоставить такие средства для структуры, имеющей неясные цели и эффекты от деятельности. Естественно, что о ней сразу забыли. Вхождение в силу с 28 июля 2017 г. Днестровского бассейнового договора также не решает вопроса экологической безопасности бассейна Днестра от последствий гидростроительства, хотя и создаёт платформу для обсуждения его проблем.

Между тем, международное законодательство дает достаточно чёткие ответы на вопрос о том, как должно себя вести государство – источник экологических угроз в отношении нижележащей по течению трансграничной страны, тем более, что и Украина является

Стороной всех трех нижеуказанных международных соглашений. Так, Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (Хельсинки, 1992) указывает, что «управление водными ресурсами осуществляется таким образом, чтобы потребности нынешнего поколения удовлетворялись без ущерба для возможности будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности». При этом «Прибрежные Стороны осуществляют сотрудничество на основе равенства и взаимности, в частности, путем заключения двусторонних и многосторонних соглашений с целью выработки согласованной политики, программ и стратегий, охватывающих соответствующие водосборы или их части, для обеспечения предотвращения, ограничения и сокращения трансграничного воздействия и с целью охраны окружающей среды трансграничных вод или окружающей среды, находящейся под воздействием таких вод, включая морскую среду».

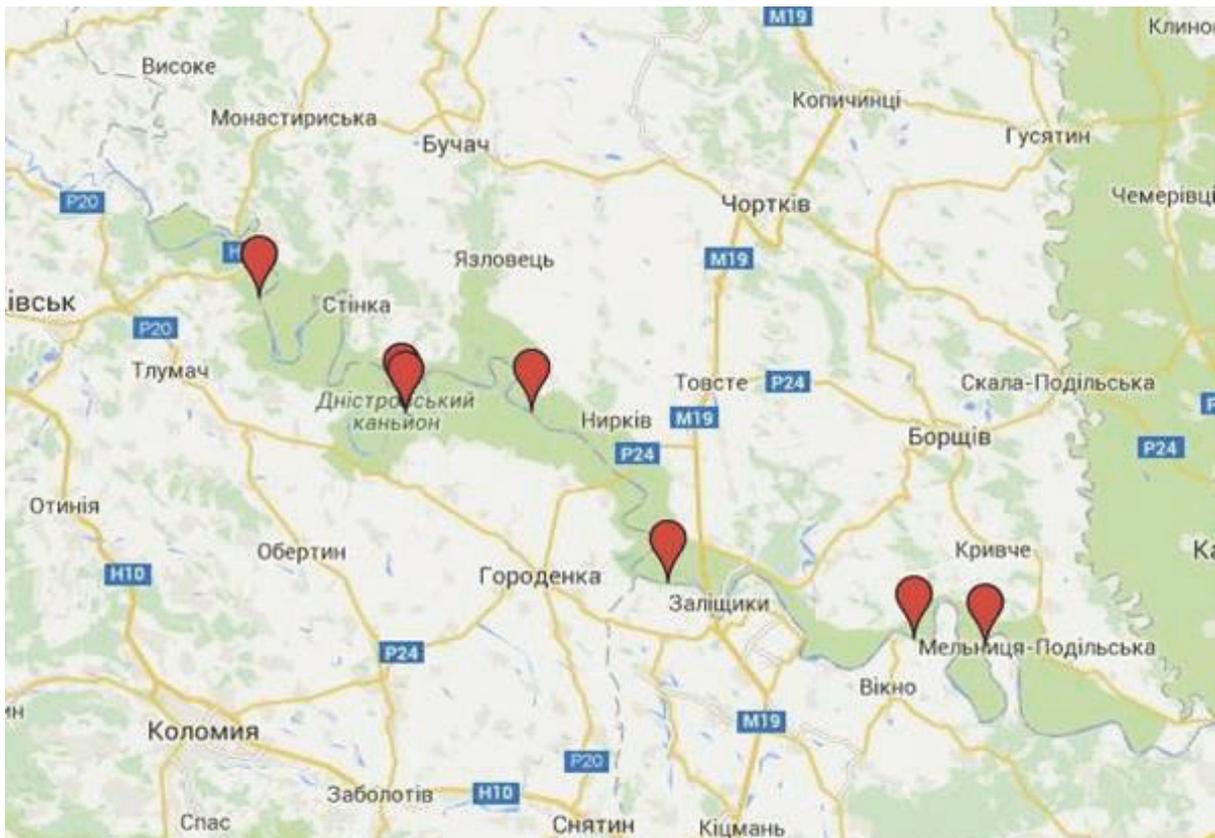


Рисунок 2 – Расположение планируемых к строительству шести русловых ГЭС в верхней равнинной части бассейна Днестра выше существующего Днестровского водохранилища Днестровского гидроэнергокомплекса

Конвенция об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте (Эспо, 1991) говорит, что «Стороны принимают все надлежащие и эффективные меры по предотвращению вредного трансграничного воздействия в результате планируемой деятельности, а также по его уменьшению и контролю за ним». При этом, «Сторона происхождения обеспечивает, чтобы оценка воздействия на окружающую среду проводилась согласно положениям Конвенции, проводилась до принятия решения о санкционировании или осуществлении планируемого вида деятельности, включенного в Добавление I, который может оказывать вредное трансграничное воздействие, а «Сторона происхождения, в соответствии с положениями настоящей Конвенции, предоставляет общественности в районах, которые, по всей вероятности, будут затронуты, возможность, принять участие в соответствующих процедурах оценки воздействия планируемой деятельности на окружающую среду и обеспечивает, чтобы данная возможность, предоставляемая общественности затрагиваемой стороны, была равноценна возможности, предоставляемой общественности Стороны происхождения».

Наконец, Протокол по стратегической экологической оценке к Конвенции об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте (Киев, 2003), указывает, что «Стратегическая экологическая оценка проводится в отношении планов и программ, которые разрабатываются для сельского хозяйства, лесоводства, рыболовства, энергетики, промышленности, включая горную добычу, транспорта, регионального развития, управления отходами, водного хозяйства, телекоммуникаций, туризма, планирования развития городских и сельских районов или землепользования и которые определяют основу для выдачи в будущем разрешений на реализацию проектов, перечисленных в приложении I, которые требуют оценки воздействия на окружающую среду в соответствии с национальным законодательством.

При этом оба последних документа включили в Добавление I (Приложение I для СЭО) по видам деятельности, сооружение крупные плотины и водохранилища. Нельзя не учесть, что постановление кабмина Украины о программе развития гидроэнергетики до 2026 года было принято летом 2016 года не только без консультаций с обществом, но и вопреки позиции Министерства экологии и природных ресурсов Украины, указавшем на ущербность такого решения как для самой Украины, так и вероятность появления проблем международного характера.

Очевидно, что запланированное в верхнем Днестре строительство шести новых русловых ГЭС коренным образом изменит гидрологию реки, приведет к дополнительным потерям стока и потому не может считаться приемлемым, как и любое другое дополнительное гидроэнергостроительство на основном русле реки. В силу этого общественности следует привлечь все возможные юридические, в т.ч. международные механизмы, для спасения трансграничного Днестра во имя будущих поколений. В то же время оценка утрачиваемых экосистемных услуг наряду с ОВОС и СЭО должна стать основным инструментом властей в процессе принятия решений о гидроэнергостроительстве.

Список использованных источников

1 Русев, И.Т. Днестровский гидроэнергетический каскад - главный негативный фактор рыбопродуктивности дельты Днестра // Геоэкол. и биоэкол. пробл. Сев. Причерноморья / Мат. Междунар. конф. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-т, 2009. – С. 163-165.

2 Гонтаренко, В.Н. Влияние Новоднестровской ГЭС на водный режим устьевой области реки Днестр // Междунар. экол. конф. по защите и возрождению реки Днестр «Днестр-СОС». – 1993, ч. I. – С. 39-41.

УДК 502.3

В.В. Смелов, А.В. Бурмакова, Д.И. Черняк
Белорусский государственный технологический университет, г. Минск

РЕАЛИЗАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙНОГО ПРОЛИВА НЕФТЕПРОДУКТОВ

Совместно с Республиканским унитарным предприятием «Научно-производственный центр по геологии» (НПЦ по геологии) и «Институтом природопользования Национальной академии наук Беларуси» (Институт природопользования) была разработана математическая модель прогнозирования последствий аварийного пролива нефтепродуктов (МП). МП является основой экологической экспертной системы, разработанной специалистами Белорусского государственного технологического университета в рамках договора с НПЦ по геологии.

МП позволяет прогнозировать:

- 1) площадь и форму наземного пятна загрязнения;
- 2) глубину и скорость проникновения нефтепродукта в грунт под наземным пятном загрязнения;

- 3) максимальную концентрацию нефтепродуктов в грунте под пятном загрязнения и времени его достижения;
- 4) максимальную концентрацию нефтепродуктов на границе грунтовых вод и времени его достижения;
- 5) скорость распространения фронта загрязнения с грунтовыми водами и ожидаемую концентрацию в области окрестных природоохранных объектов (река, ручей, колодец, водозабор и т.п.).

Исходными для МП являются следующие данные.

1. Географические координаты центра пролива, объем и тип (бензин, керосин, сырая нефть и пр.) пролитого нефтепродукта, а также тип аварии (наземный или подземный резервуар, нефтепровод, автозаправочная станция и пр.).
2. Данные о физико-химических свойствах нефтепродуктов.
3. Данные о свойствах грунтов.
4. Информация о техногенных объектах, деятельность которых связана с хранением значительных объемов нефтепродуктов.
5. Картографическая информация: рельеф местности, глубина залегания грунтовых вод, типы грунтов, коэффициенты фильтрации грунтов, природоохранные объекты.

Качество прогноза полученного с помощью МП зависит от полноты и точности исходных данных и может улучшено введением дополнительной информации в форме опорных географических точек, уточняющих картографическую информацию.

Для оценки адекватности модели проведены испытания на пяти объектах в Беларуси. В качестве объектов были выбраны нефтебазы и автозаправочные станции, для которых Институтом природопользования были проведены исследования по замеру концентраций нефтепродуктов. Предварительный сравнительный анализ полученного с помощью МП прогноза и результатов изменений показал, что при значительных расхождениях прогнозируемых и измеренных концентраций нефтепродуктов в отдельных точках, в целом прогноз МП не противоречит общей реальной картине загрязнения. Аналогичные исследования в настоящее время проводятся на двух объектах в Казахстане. Кроме того, Институтом природопользования проведена серия опытов, позволяющая уточнить скорость проникновения нефтепродуктов в грунте.

Предполагается, что окончательные работы по уточнению МП будут завершены в ноябре 2017 года.

УДК 630*161.32

Л. Н. Рожков, проф., д-р с.-х. наук
БГТУ, г. Минск

БОЛОТНЫЕ ЛЕСА БЕЛАРУСИ В СВЕТЕ ПАРИЖСКОГО СОГЛАШЕНИЯ

Болотные леса сегодня являются предметом особого внимания ученых и широкой общественности как уникальная экологическая система, обладающая щедрым богатством растительных ресурсов и биологическим разнообразием, являющаяся огромным естественным фильтром пресной воды и важным звеном депонирования углерода.

Особенно значима роль болотных лесов для Беларуси в условиях широкомасштабной осушительной мелиорации, охватившей порядка 75% площади естественных болот и избыточно увлажненных лесных земель. Это влияет на гидрологический режим всей территории республики. Возрастающие объемы строительства дорог в лесном фонде Беларуси повышают доступность ресурсов болотных лесов, интенсивная эксплуатация которых может привести к нарушению биологического разнообразия и баланса углеродных потоков («эмиссии-стока») болотных лесов.

Болотные леса, согласно классификации ЮНЕП, умеренные и северные леса пресноводных болот – леса, произрастающие на болотах в областях с умеренным и холодным климатом. Для них характерны болотные почвы.

Болотные леса Беларуси занимают 1730,5 тыс. га покрытых лесом земель с общим запасом 245,83 млн. м³. Преобладают болотные леса низинного типа (82,7 %), серий типов леса папоротниковой (29,9 5%), таволговой и крапивной. Долгомощная (болотных лесов)серия типов переходных болот также значительная (10,3 % от общей площади болотных лесов).

Сосновая формация болотных лесов занимает 1,9 % покрытых лесом земель; наиболее представлены березовая (39,4 %) и черноольховая (34,5 %) формации. Средний бонитет болотных лесов – 2,8, средняя полнота – 0,63. Молодняки занимают 22,3 %, средневозрастные – 43,8, приспевающие – 17,8 и спелые и перестойные – 16,1 % покрытых лесом земель. Средний запас на 1 га болотных лесов 142 м³, в том числе ельников – 189, черноольшанников – 158, березняков – 189, сосняков-91 м³ на 1 га.

Влияние болотных лесов на водный баланс территории, в том числе их водоохранное и водорегулирующее значение – предмет спорных дискуссий. Отсюда разные взгляды не целесообразность или недопущение гидроресомелиорации земель лесного фонда. Это следствие неоднозначных оценок эффекта осушительной мелиорации лесов и болот в Российском Нечерноземье и Белорусском Полесье [1, 2, 3].

Одна точка зрения основана на представлении о болотах и заболоченных землях как аккумуляторах пресной воды, регуляторах стока и питания рек, поддерживающих высокую водность рек. Следовательно, массовое осушение болот и других заболоченных земель, в том числе и заболоченных лесов, ухудшает гидрологический режим рек, вызывает их обмеление [3, с. 27].

Другая точка зрения констатирует, что болота снижают водность рек [3, с. 28], после осушения увеличивается суммарный и меженный сток [2, с.30], «в действительности болота вовсе не являются регулятором питания рек и роль их в этом отношении как раз обратная [4, с. 71]». Массовое осушение болот, заболоченных лесов и лугов вызывает локальное обмеление ручьев и небольших речек, связанное с понижением уровня грунтовых вод близ гидромелиоративных объектов, тогда как водность более крупных рек меняет мало и даже несколько увеличивает [3, с. 30].

Приведем некоторую информацию о динамике болотных земель в белорусской части водосбора р. Неман[5].

В 60-е годы истекшего столетия, до начала широкомасштабной осушительной мелиорации в Беларуси, болота занимали 7,5% общей площади водосбора Немана, сегодня – 1,9%. Осушительной мелиорации подвергнуто 74% естественных болот. В целом осушительная мелиорация болот и избыточно увлажненных земель проведена на 12,4% площади водосбора р.Неман.

Сегодня в белорусском водосборе Немана сохранилось 88,5 тыс. га естественных болот и 245,0 тыс. га болотных лесов, что составляет 7,3% площади водосбора Немана. Эти земли на 92,5%, т.е. практически все, сосредоточены в государственном лесном фонде.

Мы изучали динамику речного стока в водосборе Немана на основе информации о среднемесячных расходах воды по гидрологическому посту р. Неман – Гродно за период 1950–2012 гг. Площадь водосбора составляет 33 600 км². Для анализа выделен ряд периодов:

- 1950–1960 гг., как исходный период до проведения осушительной мелиорации в исследуемом регионе;
- 1961–1971 гг., как период интенсивной осушительной мелиорации;
- 1971–1980 гг., как период высокоэффективной работы гидромелиоративной сети;
- 1981–1990 гг., как период пониженной эффективности работы гидромелиоративной сети;
- 1991–2000 гг., как период дальнейшего снижения эффективности работы гидромелиоративной сети;
- 2001–2012 гг., как период действия гидромелиоративной сети, требующей капитальной реконструкции.

Таблица 1 – Объемы стока воды р. Неман

| Период, лет | Объем стока воды | | Изменения среднегодового стока по отношению к периоду 1950–1960 гг. | |
|----------------|-------------------------|----------------------|---|------|
| | общий | среднегодовой | ± км ³ | ± % |
| | км ³ /период | км ³ /год | | |
| 1950–1960 | 68,35 | 6,21 | | |
| 1961–1970 | 56,88 | 5,69 | –0,52 | –8,4 |
| 1971–1980 | 62,14 | 6,21 | 0 | 0 |
| 1981–1990 | 60,99 | 6,10 | –0,11 | –1,8 |
| 1991–2000 | 58,73 | 5,87 | –0,34 | –5,5 |
| 2001–2012 | 67,23 | 5,60 | –0,61 | –9,8 |
| 1961–2012 | 305,97 | 5,88 | –0,33 | –5,3 |

Из данных таблицы 1 заметна устойчивая тенденция возрастающего снижения стока воды реки Неман: среднегодовой сток за истекшие 50 лет уменьшился на 0,33 км³ (минус 5,3%). Причинами этой закономерности могут быть гидромелиорация, хозяйственная деятельность, ход атмосферных осадков и др.

По заключению В. В. Степанчика [6, с.104], обобщившего исследования ряда ученых о стоке р. Неман, основная причина снижения стока р. Неман – увеличение доли летних осадков и расход их на испарение, транспирацию и выполнение влаги в почве, дефицит которых образовался из-за снижения доли весенних осадков. Нет оснований утверждать о достоверном влиянии гидромелиорации на сток реки Неман [6]. По нашему мнению, этот вывод небесспорен и необходимы дополнительные исследования. Об этом свидетельствуют наши данные о распределении среднегодового стока р. Неман по месяцам года [5, с.45].

В таблице 2 приведены данные о распределении стока р. Неман по месяцам года. Несмотря на незначительные (в пределах от одного до четырех процентных пунктов) разно-векторные отклонения величины стока, можно констатировать о сложившейся неизменной региональной структуре стока р. Неман во все наблюдаемые периоды.

Таблица 2 – Распределение среднегодового стока р. Неман по месяцам года

| Период, лет | % речного стока по месяцам года | | | | | | | | | | | |
|----------------|---------------------------------|----|-----|----|----|----|-----|------|----|---|----|-----|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| 1950–1960 | 6 | 7 | 11 | 22 | 9 | 6 | 5 | 5 | 5 | 7 | 9 | 8 |
| 1961–1970 | 5 | 5 | 12 | 24 | 11 | 8 | 5 | 5 | 5 | 6 | 8 | 6 |
| 1971–1980 | 7 | 7 | 11 | 18 | 9 | 6 | 6 | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 |
| 1981–1990 | 9 | 8 | 11 | 17 | 9 | 8 | 6 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| 1991–2000 | 9 | 9 | 14 | 16 | 9 | 7 | 6 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| 2001–2012 | 8 | 9 | 13 | 15 | 9 | 7 | 6 | 6 | 6 | 6 | 8 | 7 |
| 1961–2012 | 8 | 8 | 12 | 18 | 9 | 7 | 6 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 |

На два месяца весеннего снеготаяния (март–апрель) приходится ≈30% речного стока, на четыре месяца межлетнего периода (май–август) ≈27%, на три осенних месяца (сентябрь–ноябрь) ≈20% и три зимних месяца ≈23% годового речного стока.

Болотные леса, как известно, признаны природными экосистемами повышенного разнообразия. Например, в бассейне р. Неман болотные леса представлены в 21 (из 30) видах объектов социально-экологического и историко-культурного значения. Занимая 14,06 % площади лесных земель водосбора р. Неман, болотные леса занимают 26,4 % площади особо защитных участков леса, выделенных в лесном фонде водосбора. Это свидетельствует об их высокой природоохранной ценности. Особенно велико присутствие болотных лесов среди таких объектов, как особо охраняемые части заказников, участки леса с наличием редких птиц, диких животных и дикорастущих растений, вдоль рек, заселенных бобрами, вокруг глухариных токов. Заросли кустарников, как ключевые объекты для экологических коридоров и мест обитания диких животных и птиц, на 95,3 % являются болотными растительными сообществами.

За истекшие пять десятилетий после осушительной мелиорации в водосборе р. Неман произошли существенные изменения в структуре болотных лесов: практически исчезли леса на болотах верхового типа, значительно увеличилась доля лесов на болотах низинного типа. Изменилась типологическая структура лесов: исчезли ельники и осинники сфагновые, березняки багульниковые, сосняки папоротниковые, черноольшанники осинники приручейно-травяные, березняки таволговые; сохранилось до 0,5% сосняков и березняков сфагновых; зафиксированы новые типы лесов, как ельники осоково-сфагновые, березняки осоково-травяные, черноольшанники касатиковые.

Нельзя обойти вниманием еще одну функцию болотных лесов – источника секвестра атмосферного диоксида углерода. Парижское климатическое соглашение наконец-то, в противовес Киотскому протоколу, признало, что сокращение выбросов и поглощения углекислого газа от лесных экосистем имеют решающее значение для смягчения последствий изменения климата. Парижское соглашение предполагает стимулировать развивающиеся страны в части лесоразведения и непревышения допустимой рубки лесов. Непонятно, почему речь только о развивающихся странах, в остальных допустимо обезлесение и деградация лесов? В свете Парижского соглашения рассмотрим роль болотных лесов как аккумулирующего звена в балансе «стока-эмиссии» углекислого газа.

В табл. 3 представлен углеродный бюджет болотных лесов. Основные запасы углерода (93,9%) накоплены в почве болотных лесов. На долю углерода фитомассы приходится всего 5,6% лесоболотного пула углерода. В малый биологический круговорот включено лишь 32,0% запасов углерода болотных лесов (фитомасса + мертвая древесина + подстилка + органический углерод 30-сантиметрового слоя почвы); заметим, что в лесах по суходолу весь депонированный углерод (100%) сосредоточен в зоне обмена (круговорота) между живой и неживой компонентой лесной экосистемы. В этом состоит важная функция белорусских болотных лесов – консервация атмосферного углерода в виде торфа (приблизительно 1,2 млрд. т С, или 68,0% от его общих запасов на покрытых лесом землях).

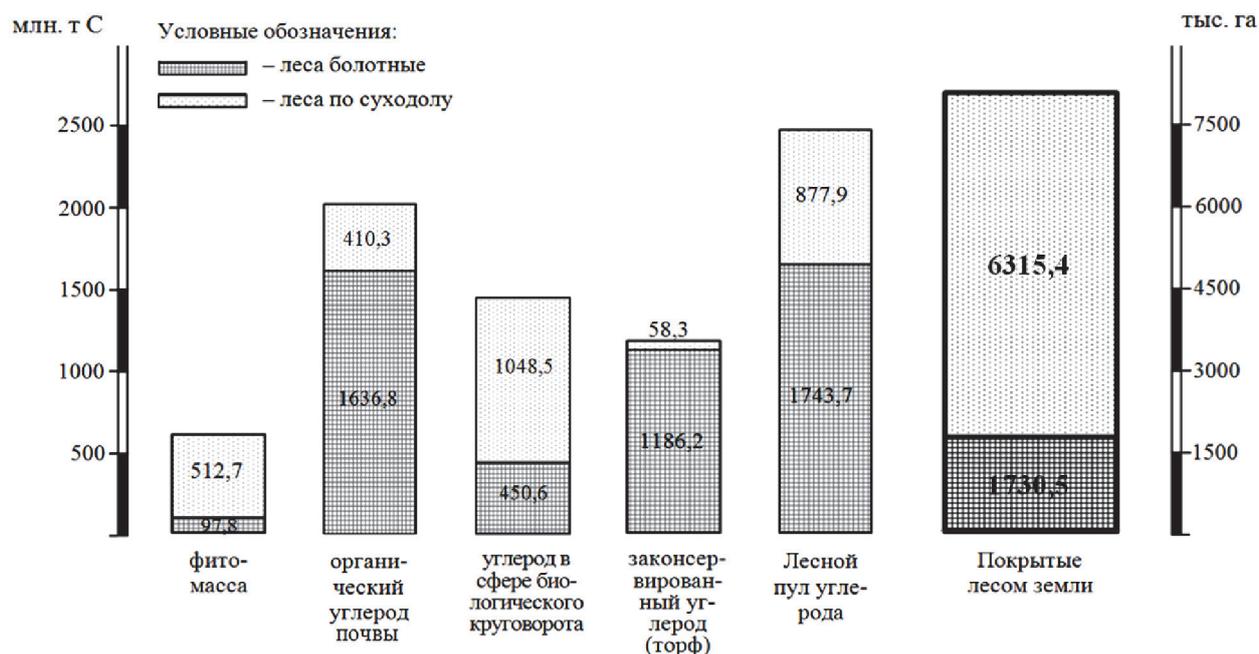
Таблица 3 – Запасы углерода в болотных лесах Беларуси, тыс. т С (покрытые лесом земли)

| Серия типов леса | Фитомасса | | | Мертвая древесина | Лесная подстилка | Органический углерод почвы | | | | Лесоболотный пул углерода |
|------------------------------|-----------|-----------|--------|-------------------|------------------|----------------------------|------------|---------------------------|-----------|---------------------------|
| | надземная | подземная | итого | | | подвижный | стабильный | законсервированный (торф) | итого | |
| Сфагновая | 146 | 90 | 236 | 6 | 12 | 915 | 1 830 | 12 088 | 14 833 | 15 087 |
| Долгомошная (болотных лесов) | 6 293 | 1 172 | 7 465 | 230 | 634 | 15 495 | 30 990 | 85 624 | 132 109 | 140 438 |
| Багульничовая | 4 698 | 815 | 5 513 | 185 | 392 | 10 147 | 20 294 | 107 567 | 138 008 | 144 098 |
| Осоковая | 16 500 | 3 140 | 19 640 | 620 | 948 | 35 948 | 72 346 | 452 364 | 560 658 | 581 866 |
| Таволговая | 11 136 | 2 070 | 13 206 | 375 | 724 | 16 927 | 33 850 | 166 803 | 217 580 | 231 885 |
| Приручейно-травяная | 3 795 | 715 | 4 510 | 124 | 282 | 6 923 | 13 845 | 18 773 | 39 541 | 44 457 |
| Злаково-пойменная | 749 | 147 | 896 | 27 | 55 | 283 | 566 | 1 534 | 2 383 | 3 361 |
| Папоротниковая | 28 822 | 5 259 | 34 081 | 1 064 | 2 276 | 39 485 | 78 970 | 313 817 | 432 272 | 469 693 |
| Крапивная | 10 238 | 2 014 | 12 252 | 354 | 815 | 23 932 | 47 865 | 27 662 | 99 419 | 112 840 |
| Всего | 82 377 | 15 422 | 97 799 | 2 985 | 6 138 | 150 055 | 300 556 | 1 186 192 | 1 636 803 | 1 743 725 |

Сравнительная продуктивность лесов республики по запасам древесины и углерода (рисунок) свидетельствует, что в лесном углеродном пуле (2743,6 млн. т С, включая мертвую древесину и лесную подстилку) на лесоболотный пул приходится 63,6%, причем законсервированный благодаря болотным лесам республики углерод составляет 43,2%.

В малый биологический круговорот лесов республики вовлечено 1499,1 млн. т С (54,6% депонированного лесами углерода). 450,6 млн. т С в слое почвы ≤ 30 см болотных лесов составляют ближайший резерв органического углерода почвы для вовлечения в биокруговорот при ускорен-

ной минерализации почвенного гумуса, например, после лесосушения или вырубке древостоя и т. п. В этой связи предпочтительна сдержанная эксплуатация болотных лесов, поскольку в первую очередь в звено эмиссии включается углерод фитомассы, детрита и верхнего слоя почвы.



Сравнительный углеродный бюджет лесов Беларуси, в том числе болотных и по суходолу (покрытые лесом земли)

В болотных лесах накоплены значительные древесные запасы – 245,83 млн. м³. Заготовка древесины в них затруднена по причине недостаточной транспортной доступности. Рентабельность лесовыращивания в неосушенных сосняках верховых болот и мягколиственных насаждениях переходных и низинных болот крайне низкая, скорее отрицательная; такие болотные леса занимают около 77% их общей площади. В то же время стоимость депонированного углерода в лесоболотных экосистемах примерно в 2,5 раза превышает стоимость древесных запасов, накопленных болотными лесами.

В нерентабельных для лесозаготовок болотных лесах (порядка 1,3 млн. га) за счет продажи углеродо-квот текущего прироста можно получать ежегодно доход в сумме 47 млн. дол. США. При этом также обеспечивается сохранение биологического разнообразия болотных лесов. Такой подход к организации лесопользования в болотных лесах Беларуси может заинтересовать международные экологические фонды и способствовать доступу республики на международные рынки свободных углеродных квот.

Таблица 4 – Динамика углеродного бюджета лесов Беларуси (покрытые лесом земли)

| № | Показатели | Единица измерения | Год учета | | |
|--------------|--|---------------------|-----------|--------|-----------|
| | | | 1956 | 2011 | Изменение |
| 1 | Покрытые лесом земли | тыс. га | 6366,1 | 8045,9 | +1679,8 |
| 2 | Общий древесный запас | млн. м ³ | 334,72 | 1596,7 | +1261,98 |
| 3 | Лесной пул углерода | млн. т С | 1381,4 | 2743,6 | +1362,2 |
| В том числе: | | | | | |
| 3.1 | болотные леса | млн. т С | 1238,8 | 1753,2 | +514,4 |
| 3.2 | леса по суходолу | млн. т С | 142,6 | 990,4 | +847,8 |
| 4 | Среднепериодичное (1956–2011 гг.) годовое депонирование углерода | т С/га·год | +2,25 | | |
| В том числе: | | | | | |
| 4.1 | болотные леса | т С/га·год | +0,72 | | |
| 4.2 | леса по суходолу | т С/га·год | +2,35 | | |

Окончание таблицы 4

| № | Показатели | Единица измерения | Год учета | | |
|-----|---|-------------------|-----------|------|-----------|
| | | | 1956 | 2011 | Изменение |
| 5 | Секвестр (консервация) атмосферного углерода лесами | т С/га·год | +0,37 | | |
| 5.1 | В том числе: болотные леса | т С/га·год | +0,56 | | |
| 5.2 | леса по суходолу | т С/га·год | -0,004 | | |

Из анализа данных табл. 4 вытекает закономерность устойчивой в течение последнего полувекового периода динамики стока атмосферного диоксида углерода: среднее за 1956–2011 гг. годовое депонирование углерода составило +2,25 т С/га·год, в том числе в болотных лесах +0,72 и по суходолу +2,35 т С/га·год.

Положительная динамика углерододепонирования характерна как для суходольных, так и болотных лесов Беларуси. Болотные леса в 3,26 раза менее продуктивны по показателю углерододепонирования по сравнению с суходольными, что коррелирует с древесиноплодностью.

Прямо противоположная тенденция наблюдается в процессе консервации атмосферного углерода лесами. Суходольные леса Беларуси практически не способны в силу их легкого гранулометрического состава и невысокой влажности обеспечивать длительную консервацию органического углерода почвы. В то же время болотные леса Беларуси в настоящее время являются значительными хранилищами дополнительного секвестра углерода: приблизительно 1,2 млрд. т С при ежегодном приросте 0,56 т на каждом гектаре. Можно утверждать, что благодаря болотным лесам Беларуси потенциальный секвестр углерода составляет ежегодно 3,5 млн. т в эквиваленте атмосферного диоксида углерода.

Выводы. Болотные леса Беларуси являются огромным хранилищем (1,75 млрд. т) углерода, в том числе законсервированного в виде торфа 1,19 млрд. т С, с перспективой потенциального секвестра ежегодно 3,5 млн. т в эквиваленте атмосферного диоксида углерода. Значительные запасы углеродного бюджета болотных лесов (450,6 млн. т С) сосредоточены в зоне ближайшего резерва круговорота и при определенных условиях (лесоосушение, вырубка древостоя) являются потенциально возможными активными участниками углеродного обмена, тем самым источником эмиссии диоксида углерода. В этой связи предпочтительна сдержанная, лучше недопущение, эксплуатация болотных лесов. Порядка 1,3 млн. га болотных лесов Беларуси нерентабельны для лесозаготовок и могут быть включены в оборот международного обмена на рынке свободных углеродо-квот для продажи ежегодно 6,0 млн. т текущего прироста депонированного диоксида углерода, что обеспечивает доход в сумме 47 млн. дол. США.

Список использованных источников

1. Сукачев, В.Н. Взаимоотношение леса с болотом и лугом. – В кн.: Сукачев В.Н., Богданов П.Л., Соколов С.Я., Шенников А.П. Дендрология с основами лесной геоботаники. – Л.: Гослестехиздат. – 1954. – С. 287.
2. Пьявченко, Н.И. О взаимоотношениях леса и болота. – Лесоведение, 1980, №3. – С. 24–33.
3. Рахманов, В.В. Влияние осушения заболоченных лесов на сток рек. – Лесное хозяйство, 1985, №8. – С. 27–33.
4. Сукачев, В.Н. Болота, их образование, развитие и свойства. – Л.: Изд. Лесного ин-та, 1925. – 71 с.
5. Рожков Л.Н. Анализ состояния и использования болотных лесов. // Бассейновый подход к управлению лесами бассейна р. Неман. – Минск: РУП «Белгослес», 2014. 243 с.
6. Степанчик В.В. Анализ влияния гидромелиорации на речной сток, водный режим почв, почвенный покров // Бассейновый подход к управлению лесами бассейна р. Неман. – Минск: РУП «Белгослес», 2014. 243 с.

И.А. Шишкин, П.В. Луканин, А.П. Ткаченко
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,
г. Санкт-Петербург, Россия

УПРАВЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ И НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ БАССЕЙНОВЫХ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Развитие современных систем управления техногенной нагрузкой для обеспечения устойчивого использования водных ресурсов основывается на применении инновационных геоинформационных технологий при разработке территориально-бассейновых схем комплексного использования и охраны водных объектов. Это предопределяет необходимость создания геоинформационных моделирующих систем (ГИМС) с возможностью имитационного моделирования и поддержки принятия решений для широкого класса взаимосвязанных и взаимообусловленных задач при минимизации техногенных взаимодействий на окружающую среду.

К основным задачам и подзадачам при регионально-бассейновом межотраслевом подходе относится следующий далеко не полный перечень, и в первую очередь, это создание моделей территориально-производственных комплексов (ТПК) в рамках «Схем комплексного использования и охраны водных объектов». Модель такого рода на геоинформационной основе позволяет реализовать концепцию обоснований принятия решений по масштабам и очередности нового строительства или развития действующих, наиболее важных хозяйственных объектов, перераспределение трудовых, материальных, финансовых ресурсов, необходимых для развития ТПК с одновременным обеспечением как экологических, так и технологических нормативов.

Имитационная модель ТПК, связанная с геоинформационной моделью речного бассейна, позволяет реализовать комплексный подход на межотраслевом уровне с учетом региональных природных условий и особенностей. При этом, возникает необходимость создания единой базы данных и базы знаний для бассейновых природно-технических систем и природно-производственных комплексов. Анализ созданной базы данных на ГИМС основе позволяет утвердить или изменить концепцию экономической и социальной структуры и специализации района или бассейна в целом, что явится основой для перераспределения квот нагрузки в виде норм допустимых сбросов (НДС) для отдельных субъектов территориально-бассейнового производственно-технического комплекса с обеспечением наилучших достижимых технологий (НДТ) в пределах бассейновых норм допустимых воздействий (НДВ).

Однако до настоящего времени не разработаны единые методические основы и программное обеспечение для реализации взаимоувязанных в пределах речного бассейна проектов индивидуальных для каждого водопользователя норм допустимых сбросов (НДС), проектов бассейновых норм допустимых воздействий на водный объект (НДВ) и схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) по подавляющему большинству бассейнов рек и озер для Северо-Западного региона России. Анализ результатов проведенных экологических экспертиз большого числа проектов выявил принципиальные недоработки в нормативно-методической документации как для проектов НДВ в части обоснования целевых показателей и оценке экологического состояния водных объектов, так и в отсутствии рекомендаций по согласованному обоснованию НДС в рамках бассейновых НДВ. В действующих методических указаниях по НДВ не рассматриваются трансграничные речные бассейны, что противоречит бассейновому принципу комплексного использования и охраны водных объектов и международным обязательствам по трансграничным речным бассейнам. Для водопользователей, расположенных в пределах водохозяйственного участка, расчет НДС осуществляется на основе НДВ при соблюдении баланса загрязняющих веществ. Однако это невозможно, так как методы расчета НДВ и НДС

принципиально отличаются. Во-первых, расчет НДС в отличие от НДС, осуществляется с учетом ассимилирующей способности водного объекта, а во-вторых, расчет НДС для веществ двойного генезиса осуществляется на основе региональных нормативов качества вод, а расчет НДС – на основе ПДК или регионального норматива при утвержденных НДС.

Для решения указанного выше комплекса задач авторами разработана функциональная модель. Алгоритм реализации включает следующие этапы (рис. 1).

Описание объекта и работ гидротехнического строительства с выявлением работ приводящих к загрязнению акватории и секундного выхода загрязняющих веществ

Определение места локализации работ и источников загрязнения акваторий, определение траектории движения источника загрязнения, режима сброса загрязняющих веществ

Построение математической модели конвективно-диффузионного переноса и превращения веществ (КДПиПВ) с учетом определяющих факторов для нормирования воздействия на водный объект

Оценка параметров воздействия (продолжительность воздействия, объемы загрязненной воды с различными концентрациями загрязняющих веществ, площади заиления дна и т.д.)

Обоснование водоохраных мероприятий на основе планирования, оперативного и оптимального управления показателями состава и свойств воды.



Рисунок 1 – Функциональная модель оценки воздействия гидротехнических работ и сооружений на водные биоресурсы

Для обеспечения защиты водного объекта от загрязнения сточными водами промышленности, коммунального хозяйства, сельскохозяйственных производств, а также поверхностным стоком застроенных территорий и промплощадок разрабатывается базисный водоохраный комплекс (БВК), а входящие в его состав технические средства охраны вод обозначаются как Um- управление. При компенсации влияния гидротехнических работ и сооружений необходимы водоохранные мероприятия, совокупность которых представляет собой компенсационный водоохраный комплекс (КВК) с учетом конструктивных и технологических параметров гидротехнических объектов (Нп), включая внутриводоемные водоохранные мероприятия, т.е. Нп- управления.

Совокупность видов различных мероприятий на водных объектах, связанных с гидротехническим строительством, базисных и компенсационных представляет собой интегральный природно-технический комплекс (ИПТК). Затраты на реализацию БВК несут отраслевые предприятия и производства, функционирующие в различных бассейнах, где осуществляется гидротехническое строительство. Стоимость КВК должна входить в сметную стоимость гидротехнического строительства, стоимость ИПТК составляет всю сумму затрачиваемую на водоохрану в рамках гидротехнического строительства в пределах ПТК.

Естественным представляется подход при котором

$$I_{\text{иптк}} = [I_{\text{БВК}}(U_m) + I_{\text{КВК}}(U_m, H_n)] \rightarrow \min, \quad (1)$$

где I- общий стоимостной функционал

Методика разработки водоохранных мероприятий при гидротехническом строительстве с другими видами воздействия предполагает комплексный подход к формированию технических средств управления качеством воды, т.е. направленные на ограничение поступления в водный объект загрязняющих примесей с водосборной площади (Um -alloхтонные), и направленные на ограничение внутриводоемного продуцирования загрязняющих примесей, интенсификацию процессов самоочищения (Hn- автохтонные). Посредством Um- управлений обеспечиваются нормативы допустимых сбросов (НДС), в рамках бассейновых нормативов допустимых воздействий (НДВ).

В состав Hn- управлений входят морфометрические и гидродинамические характеристики создаваемого или реконструируемого водного объекта, конструктивные и технологические параметры гидротехнических сооружений на нем, оказывающих влияние на процессы формирования качества воды, а также специальные водоохранные сооружения.

Система ограничений оптимизационной задачи включает требования водопользователей к качеству воды в расчетных створах. Целевой функционал обычно задает соответствие между водоохранными управлениями и стоимостью их реализации. Его минимизируют при условии соблюдения заданных ограничений, что позволяет отыскать необходимый набор технологических параметров водоохранных мероприятий, который бы обеспечил достижение наилучших показателей качества воды из возможных при имеющихся ассигнованиях.

В общем виде оптимизационно- имитационная модель на базе ГИС для расчета водоохранного комплекса минимальной стоимости может быть записана в виде:

$$I = [I_1 (H_n) + I_2 (U_m) + I_3 (H_n)] \longrightarrow \min \quad (2)$$

$$\frac{dC_i}{dx} = f_i (H_n, U_m, C_j \dots) \quad (3)$$

$$C_j(0) = C_{j0}, C_j(l) = C_{jl} \quad (4)$$

$$H_n, U_m \in V \quad (5)$$

В рассматриваемом случаи функционал I включает стоимость водоохранных управлений (Hn), что учитывает специфику гидротехнического строительства. Векторное урав-

нение состояния системы (3) должно быть записано в форме моделей, позволяющих устанавливать зависимость формирования качества воды в водных объектах по j -ым примесям от U_m и H_p - управлений.

Это позволяет связать абиотические параметры водных экосистем, изменяющихся под воздействием гидротехнического строительства с биотическими структурно-функциональными характеристиками, ответственными за формирование качества воды.

Система ограничений оптимизационной задачи (5) отражает допустимые уровни управления, определяющие диапазон изменений U_m и H_p техническими возможностями соответствующего управления.

Выражение C_j указывает на начальные условия для каждого из рассматриваемых участков водного объекта по j - показателям качества воды. Условие $C_j(l)$ описывают требования к качеству воды в створах водопользователей ПТК, которые принимаются с учетом бассейновых НДС и индивидуальных для водопользователей НДС.

Эколого-математическая модель (2)-(5) позволяет решать основные задачи разработки водоохраных мероприятий при гидротехническом строительстве и других видах воздействия на водный объект. На основе решения уравнения (3) прогнозируется вектор качества воды в створах водопользования в зависимости от технических решений для ПТК- $C_j(H_p)$. Планирование качества воды на стадии проектирования и управления строительством и эксплуатацией гидротехнических сооружений может осуществляться при помощи соответствующих U_m и H_p - управлений. Их набор может быть определен также путем решения уравнения (3) относительно U_m и H_p при условии, что в правой части его решения в форме векторного управления будет стоять вектор нормативных требований к качеству воды.

Представленная выше функциональная модель оценки воздействия типовых гидротехнических работ с другими видами воздействия на водный объект, основывается на формировании модели выявления основных процессов загрязнения водной акватории и расчете секундного выхода загрязняющих веществ. Ключевым этапом оценки воздействия является обоснование и построение адекватных математических моделей расчета переноса загрязняющих веществ с использованием соответствующих программных средств для их решения. Предложенная функциональная модель апробирована для ряда природно-технических комплексов (ПТК) с различного типа воздействиями в водные акватории на основе созданной базы геоданных.

Информационно-алгоритмическое обеспечение для ГМК экологического нормирования ПТК.

Решение проблемы экологического нормирования техногенной нагрузки для ПТК на бассейновом уровне с использованием алгоритма и геоинформационных технологий является эффективным инструментом дифференцированного управления нагрузкой на окружающую среду от производственных комплексов различного типа. Разработана структура формирования баз геоданных для отдельного природно-технического комплекса в виде подсистем, характеристики которых организованы в виде слоев геоинформационной системы, таблиц, диаграмм, форм отчетности. Предложен алгоритм комбинированного нормирования для объективного обоснования нагрузки для каждой из рассматриваемых систем или производственных комплексов в виде ГИС проекта.

Структура информационно-алгоритмического обеспечения геоинформационной модели «ПТК» в виде формирования проекта геоинформационной системы (ГИС) «Экологическое нормирование техногенной нагрузки» (рис.2) реализуется в графическом редакторе ModelBuilder.

Разработанное программное обеспечение для ГИС водохозяйственной системы в рамках ПТК обеспечивает функционирование в сетевом режиме с использованием всех возможных каналов связи и программную совместимость рассматриваемых территориально разнесенных субъектов.

Структура геоинформационной моделирующей системы (ГИМС-ПТК) с соответствующим программным обеспечением позволяет реализовать широкий класс задач регионально-бассейнового нормирования техногенной нагрузки различного типа и обеспечения заданного класса качества воды (см. рисунок 3).



Рисунок 2 – Блок-схема информационно-алгоритмического обеспечения оценки состояния территориального природно-технического комплекса в рамках ГИС проекта «Экологическое нормирование техногенной нагрузки группы предприятий различных отраслей промышленности, коммунального и сельского хозяйства» в рамках ТПК

В соответствии с этой структурой устанавливается связь экологических НДВ с показателями деятельности отдельных предприятий, отраслей производства и групп предприятий на межотраслевом уровне с применением геоинформационного моделирующего комплекса. Для различных уровней воздействия в рамках ТПК устанавливаются территориальные, отраслевые и ресурсные нормативы экологической безопасности во временном разрезе. При текущем нормировании необходимо сочетать интересы отдельных природо-

пользователей с долгосрочными экологическими интересами бассейновых округов и временно установленными нормативами. При перспективном нормировании необходимо достижение заданных параметров к определенному сроку на основе установленных стандартов в предшествующий период действия нормативов. Перспективные нормативы переходят после установленного заранее срока в категорию текущих, т.е. рассматриваются как целевые функции осуществления природоохранной деятельности или конкретных мероприятий.



Рисунок 3 – Структура программного комплекса ГИМС-ПТК

Разработанный геоинформационный моделирующий комплекс представляет собой геоинформационную online-систему ПТК с реализованными моделями переноса загрязняющих веществ для разных типов водных объектов (рисунок 3). Геоинформационная моделирующая система (ГИМС) включает в себя:

блок моделирования переноса загрязняющих веществ и формирования качества воды в разветвленных водных объектах при неограниченном количестве и типе водопользователей ПТК;

пространственную топооснову (набор структурированных в виде отдельных слоев данных о местности) в пределах ПТК;

базу данных и банк знаний для расчета нормативов допустимого сброса (НДС);

модель водного объекта в рамках ПТК на базе программных продуктов ArcGis;

базу геоданных моделирования процессов конвективно-диффузионного переноса и превращения загрязняющих веществ (КДПиПВ);

представление данных в ГИС (отображение результатов имитационного моделирования на карте в ГИС) при разных сценариях распределения нагрузки и прогнозирования развития экологической ситуации.

Блок моделирования дает возможность создания модулей расширения сторонними разработчиками без привлечения авторов основного приложения. Модуль расширения

осуществляет самостоятельный прямой доступ к базам данных для работы со всеми основными сведениями о рассматриваемом бассейне.

Модель водного объекта в среде ГИС представлена в виде полигонов с однородными гидрологическими и морфологическими характеристиками, реализуется в соответствии с расчетной схемой водосбора и особенностей формирования качества воды. Набор программных модулей позволяет реализовать соответствующие математические модели КДП и ПВ для расчета полей концентраций при заданных краевых условиях и экспортировать результат на топооснову. Расчетный алгоритм осуществляется методом конечных разностей, путем разбиения модели водного объекта на ячейки, в пределах которых концентрации загрязняющих веществ являются постоянными. В результате работы программного модуля формируется шейп-файл, состоящий из множества полигонов в двухмерной реализации, каждому из которых ставится в соответствие номер расчетного элемента mx и ny , записанный в таблице атрибутов. Шейп-файл необходим для занесения значений поля концентраций, получаемого в результате моделирования и построения тематических карт в среде ГИС.

Разработанный программный продукт «ГИМС-ПТК» позволяет:

квотировать и перераспределять нагрузку между водопользователями по индивидуальным НДС в рамках бассейновых НДС.

Обосновывать возможность строительства новых предприятий и реконструкции действующих с неоднородными характеристиками в рамках ПТК.

Рассчитать процессы переноса загрязняющих веществ при фактических, чрезвычайных и плановых параметрах сброса, различных видах воздействия, а также с учетом естественных природных изменений (смена гидрологического режима).

Оптимизировать нагрузку от ряда водопользователей с целью минимизации негативного воздействия на водные ресурсы бассейна и обеспечения экологической безопасности.

Заключение

На основании разработанной концепции и созданного алгоритма, методов и средств нормирования нагрузки в сложных водохозяйственных системах, предложена компоновка экологического информационно-программного комплекса в виде логической схемы взаимосвязи отдельных модулей геоинформационной моделирующей системы «ГИМС-ПТК».

В рамках «ГИМС-ПТК» учтена вся совокупность математических и логических зависимостей, адекватно отражающих основные реальные количественные и качественные взаимосвязи основных параметров ПТК в виде связи входных воздействий параметров с их выходными результатами. Особенностью предложенной «ГИМС-ПТК», в рамках разработанной концепции является достаточно полная информационная открытость с точки зрения как поддержки картографической информации и данных об основных источниках загрязнения, так и экспорта графической информации в том же формате с использованием ГИС.

Другой особенностью разработанного «ГИМС-ПТК» является возможность его применения в рамках мониторинга ПТК, так как он основывается на достаточно физически содержательной численной модели КДПиПВ, позволяющей решать как прямые задачи прогноза, так и обратные задачи не только нормирования, но и оптимального распределения всех видов воздействий. Практическая апробация выполнена для отдельных ПТК на межотраслевом уровне.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Приветственное слово Заместителя Премьер-министра Республики Беларусь М. И. Русого..... | 5 |
| Приветственное слово Первого заместителя Министра лесного хозяйства Республики Беларусь А. А. Кулика..... | 6 |
| Приветственное слово Министра природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь А. А. Худыка..... | 7 |
| Приветственное слово Заместителя Министра образования и науки Российской Федерации Г. В. Трубникова | 10 |

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

| | |
|---|----|
| <i>Войтов И. В.</i> Водные ресурсы в условиях изменяющегося климата (образование и научные исследования) | 12 |
| <i>Ратнавеера Харша.</i> Отрицательное воздействие изменения климата на водоснабжение и очистку сточных вод и его возможные решения..... | 19 |
| <i>Maletskyi Z.</i> Towards water – smart circular economy building a case in organic farming..... | 24 |
| <i>Станкевич А. П.</i> Водная стратегия республики Беларусь на период до 2030 года | 26 |
| <i>Worst M.</i> International exchange of experience on the topic of water management by the technology transfer water project..... | 28 |
| <i>Etschel G., Pietsch R.</i> The Etschel JET Master® – a High Pressure Impulse Process (HPI-Process®) for water well rehabilitation and water well development | 34 |
| <i>Жапаркулова Е.Д., Калиева К.Е.</i> Рациональное использование водных ресурсов Южного Казахстана | 39 |
| <i>Черепанский М.М., Каримова О.А., Томина Н.М.</i> Основные элементы водного баланса и их роль в формировании водного режима трансграничных территорий Россия-Беларусь | 44 |
| <i>Гуринович А.Д.</i> О состоянии и проблемах водохозяйственного комплекса Республики Беларусь..... | 49 |
| <i>Евсюкова Е.</i> Работа водной программы Коалиции Чистая Балтика в Беларуси | 57 |

УСТОЙЧИВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

| | |
|---|----|
| <i>Корнеев В.Н.</i> Стратегические направления по адаптации водных ресурсов бассейна реки Неман к изменениям климата..... | 62 |
| <i>Журавович Л.Н., Данилович И.С., Поликша Д.С.</i> Особенности формирования зажорных и заторных явлений на реках Беларуси в условиях изменяющегося климата | 67 |
| <i>Данилович И.С.</i> Тенденции формирования высоты зимних паводков и весеннего половодья в связи с изменением климата | 70 |
| <i>Нагибина М.Е.</i> Гидрологическая информационная система в Республике Беларусь .. | 73 |
| <i>Гертман Л.Н., Рутковский П.П., Буко И.Ю.</i> Разработка каталога водоохраных территорий водных объектов Республики Беларусь | 77 |
| <i>Яковлев С.А.</i> Анализ максимальных осадков в центральной части Латвии | 83 |
| <i>Войтов И.В., Ткаченко А.П., Черепанский М.М., Сушко С.В.</i> Разработка информационно-диагностической системы оживления водных объектов в городе..... | 88 |
| <i>Фурса Ю.В.</i> Оценка выбросов парниковых газов от промышленных сточных вод в Республике Беларусь..... | 92 |

| | |
|--|-----|
| <i>Пеньковская А.М., Попова Е.Н., Булак И.А.</i> Целевые показатели качества поверхностных вод в планах управления бассейнами рек зав. сектором использования водных ресурсов..... | 94 |
| <i>Яцухно В.М., Червань А.Н.</i> Влагообеспеченность почв Беларуси как индикатор степени их уязвимости к климатическим изменениям..... | 100 |
| <i>Дубенок С.А. Захарко П.Н. Голод Ю.В.</i> Восстановление малых водотоков в черте крупных населенных пунктов Республики Беларусь..... | 106 |
| <i>Захарко П.Н., Поздняков А.А., Голод Ю.В.</i> Оптимизация водоотведения на объектах ВКХ с учетом требований природоохранного законодательства..... | 111 |
| <i>Савич-Шемет О.Г., Гапанович Е.В., Томина Ю.П., Аниух Н.М.</i> Многолетние и современные изменения стока рек Оршанского артезианского бассейна в условиях изменяющегося климата..... | 114 |
| <i>Шелест Т.А.</i> Паводочный сток рек белорусского Полесья в условиях изменяющегося климата..... | 120 |
| <i>Журавлев С.А., Данилович И.С., Курочкина Л.С., Квач Е.Г.</i> Модельные оценки ожидаемых изменений характеристик стока р. Западной Двины | 123 |
| <i>Ершов В.В., Черепанский М.М.</i> Особенности оценки ресурсов подземных вод в зоне распространения многолетнемерзлых пород с учетом климатической зональности.. | 126 |
| <i>Лопух П.С.</i> Обоснование необходимости разработки нового гидрологического районирования территории Беларуси | 130 |
| <i>Пивоваров А.А., Федулова С.А.</i> Водная безопасность в развитии региональной социально-экономической системы в условиях устойчивого использования водных ресурсов..... | 136 |
| <i>Процко О.И.</i> Сток загрязняющих веществ с урбанизированных участков бассейна реки Западная Двина | 140 |
| <i>Ясинский Н.С.</i> Новые подходы к оперативному расчету речного стока в системе GISMETEO.HYDRO | 146 |

ТРАНСГРАНИЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАНСГРАНИЧНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

| | |
|---|-----|
| <i>Кузнецов С.А.</i> Возможности сотрудничества в области охраны и использования трансграничных водных объектов на примере программы трансграничного сотрудничества Польша-Беларусь-Украина | 151 |
| <i>Уточкина С.П., Аницкевич В.В., Нуприенок Л.Н., Шишко Л.В., Сержанкова Т.Д.</i> Трансграничный мониторинг качества поверхностных вод Республики Беларусь | 155 |
| <i>Корнеев В.Н., Титов К.С.</i> Актуальные экологические проблемы бассейна реки Западный Буг и пути их решения | 160 |
| <i>Музыкин В.П., Антипилович Ю.Ф., Будько С.А.</i> Комплексное решение вопросов охраны окружающей среды при трансграничном воздействии разработки месторождений полезных ископаемых..... | 165 |
| <i>Петлицкий Е.Е., Асмаловский Н.А.</i> Оценка состояния лимитирующего стока малых и средних трансграничных водотоков в бассейне реки Днепр и его прогноз с учетом изменения климата..... | 169 |
| <i>Волчек А.А., Кирвель И.И.</i> Некоторые задачи в области водных ресурсов Беларуси . | 175 |
| <i>Волчек А.А., Зубрицкая Т.Е.</i> Водопотребление и водоотведение на водосборах трансграничных рек Беларуси | 181 |
| <i>Холоденко В.С., Косяк Д.С.</i> Современные методы оценки изменений водного стока рек | 187 |
| <i>Сушко С.В.</i> Устойчивое использование потенциала малых рек в черте населенных пунктов | 191 |
| <i>Минина Л.И., Матвеева Н.П., Косменко Л.С.</i> Об опыте сотрудничества Росгидромета и Гидромета Республики Беларусь в области мониторинга трансграничных поверхностных вод суши в бассейнах Днепра и Западной Двины | 194 |

| | |
|---|-----|
| <i>Смелов В.В., Блинова Е.А.</i> Экспертная система прогнозирования последствий пролива нефтепродуктов | 196 |
| <i>Грядунова О.И.</i> Минимальный сток рек Белорусского Полесья | 198 |
| <i>Цыбульская Я.В., Петлицкий Е.Е., Асмаловский Н.А.</i> Оценка состояния антропогенной нагрузки на трансграничные водные объекты в бассейне р. Западная Двина на территории Витебской области | 204 |
| <i>Петлицкий Е.Е., Скуратович С.Н., Асмаловский Н.А.</i> Лимитирующие характеристики стока малых трансграничных водотоков в бассейне реки Западная Двина с учетом адаптации к изменениям климата..... | 207 |
| <i>Яцык А.В., Пашенюк И.А., Гопчак И.В., Басюк Т.А.</i> Качество поверхностных вод Западного Полесья Украины | 213 |
| <i>Яцык А.В., Пашенюк И.А., Гопчак И.В., Басюк Т.А.</i> Экологическая оценка использования водных ресурсов реки Западный Буг | 218 |
| <i>Тромбицкий И.Д.</i> Гидростроительство и угрозы экосистемным услугам трансграничного Днестра | 223 |
| <i>Смелов В.В., Бурмакова А.В., Черняк Д.И.</i> Реализация математической модели прогнозирования последствий аварийного пролива нефтепродуктов..... | 227 |
| <i>Рожков Л.Н.</i> Болотные леса Беларуси в свете Парижского соглашения | 228 |
| <i>Шишкин И.А., Луканин П.В., Ткаченко А.П.</i> Управление распределением и нормирование техногенной нагрузки для бассейновых природно-технических комплексов | 234 |

Научное издание

**V МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВОДНЫЙ ФОРУМ
«ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И КЛИМАТ»**

**МАТЕРИАЛЫ ФОРУМА
В 2-х частях**

Часть 1

В авторской редакции

Ответственный за выпуск *Е. О. Черник*

Компьютерная верстка

И. А. Гребенчикова, О. В. Кичкайло, А. В. Лихачева

Подписано в печать 27.09.2017. Формат 60×84 1/8.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 27,05. Уч.-изд. л. 28,23.
Тираж 150 экз. Заказ 365.

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/227 от 20.03.2014.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск