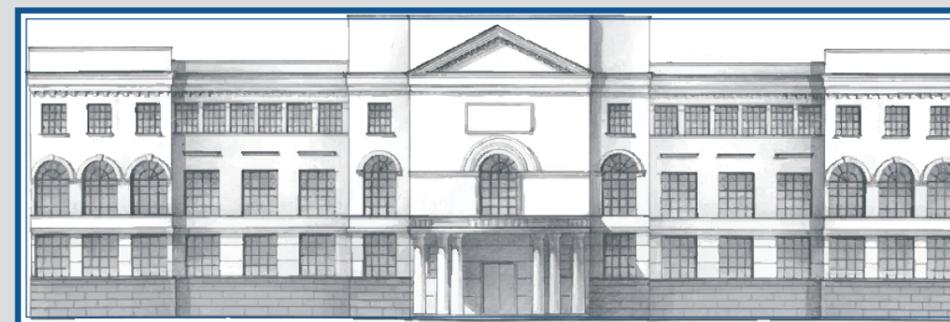


ISSN 1997-6011



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»



ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО

Актуальные темы:

- АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ОЦЕНКА ХАРАКТЕРА ИЗМЕНЕНИЙ ВОДНОСТИ БАСЕЙНА р. ВОЛГИ И ПРИТОКА ВОДЫ В ВОДОХРАНИЛИЩА ВОЛЖСКО-КАМСКОГО КАСКАДА
- ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ С СИСТЕМОЙ ВНЕШНЕГО АРМИРОВАНИЯ УГЛЕРОДНЫМИ КОМПОЗИТНЫМИ ЛАМЕЛЯМИ
- МЕЛИОРАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В КАЗАХСТАНЕ: РАЗВИТИЕ, АНАЛИЗ И ОЦЕНКА



1' 2017

ПРИРОДОБУСТРОЙСТВО

1' 2017

Ответственный за выпуск – *Н.Я. Филатова*

Редактор – *В.И. Марковская*

Переводчик – *Н.М. Логачева*

Верстальщик – *А.С. Лаврова*

Подписано в печать 27.01.2017
Формат 60×84/8¹/₈
Шрифт SchoolBook
Усл.-печ. л. 16,74
Бумага офсетная
Печать цифровая
Тираж 750 экз.
Заказ № 70
Цена договорная

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

Адрес: 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44, ауд. 205
Тел. 8 (499) 976-36-67. E-mail: prirodamgup@mail.ru

Издательство РГАУ-МСХА
127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, дом 44
Тел. 8 (499) 977-00-12, 8 (499) 977-14-92

Отпечатано с оригинал-макета заказчика в типографии ФГБНУ «Росинформагротех»,
141261, пос. Правдинский Московской обл., ул. Лесная, 60
Тел.(495) 993-44-04

ISSN 1997-6011

ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО

Научно-практический журнал

PRIRODOOBUSTROJSTVO

Theoretical-practical journal

1' 2017

Москва, Издательство РГАУ-МСХА

Moscow, Publishing house
of Russian Timiryazev State Agrarian University

УДК 502/504
ББК 20.1
П 77

Учредители:
Департамент
научно-технологической
политики и образования
Министерства сельского
хозяйства
Российской Федерации
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
имени К.А. Тимирязева

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования**

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

ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО

Научно-практический журнал **1' 2017**

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой по надзору в сфере
связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации
П И № ФС 77-58566 от 14 июля 2014 г.

Рецензенты:

И.П. Айдаров,
доктор технических наук
А.И. Голованов,
доктор технических наук
Д.П. Гостищев,
доктор технических наук
Г.Х. Исмаилов,
доктор технических наук
А.Е. Касьянов,
доктор технических наук
В.Н. Краснощеков,
доктор экономических наук
А.М. Марголин,
доктор экономических наук
И.П. Свинцов,
доктор сельскохозяйственных наук
В.И. Сметанин,
доктор технических наук
Е.А. Ходяков,
доктор сельскохозяйственных наук
В.В. Шабанов,
доктор технических наук

При использовании материалов журнала
в любой форме
ссылка на журнал обязательна.

За достоверность информации
ответственность несут авторы.

ISSN 1997-6011

Редакционный совет:

*Д.В. Козлов, академик РИА и РАЕН,
доктор технических наук, профессор –
главный научный редактор*

*А.И. Голованов, доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ – заместитель главно-
го научного редактора*

*И.П. Айдаров, академик РАН,
заслуженный мелиоратор РФ*

В.А. Евграфов, доктор технических наук, профессор

В.Я. Жарницкий, доктор технических наук

И.Ю. Залысин, доктор политических наук, профессор

*Г.Х. Исмаилов, доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ*

Н.П. Карпенко, доктор технических наук

И.П. Свинцов, академик РАН

*В.И. Сметанин, доктор технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы РФ*

Н.В. Ханов, доктор технических наук, профессор

В.В. Шабанов, доктор технических наук, профессор

*Д.В. Штеренлихт, доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ*

**Журнал включен ВАК в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов
и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные
результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук»**

Цена одного номера – 220 р.

Индекс журнала в Объединенном каталоге «Пресса России» – 80746

**УДК 502/504
ББК 20.1**

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2017

**UDC 502/504
BBC 20.1
P 77**

**Founders:
Department
of the scientific-technological
policy and education
of the Ministry
of agriculture
of the Russian Federation
Russian Timiryazev State
Agrarian University**

**The Federal state budget
educational institution
of higher education
«Russian Timiryazev State Agrarian University»**

PRIRODOOBUSTROJSTVO

Theoretical-practical journal

1' 2017

**The journal is registered
by the Federal service for supervision
of communications, information technology
and mass media**

**Certificate of registration
PI No FS 77-58566 dated July 14, 2014**

Reviewers:

*A.P. Aidarov,
doctor of technical sciences*

*A.I. Golovanov,
doctor of technical sciences*

*D.P. Gostishchev,
doctor of technical sciences*

*G.Kh. Ismaiylov,
doctor of technical sciences*

*A.E. Kasjyanov,
doctor of technical sciences*

*V.N. Krasnoshchekov,
doctor of economics*

*A.M. Margolin,
doctor of economics*

*I.P. Svintsov,
doctor of agricultural sciences*

*V.I. Smetanin,
doctor of technical sciences*

*E.A. Khodyakov,
doctor of agricultural sciences*

*V.V. Shabanov,
doctor of technical sciences*

When using the materials of the journal
in any form
reference to the journal is obligatory.

The authors of are responsible
for validity of the information.

ISSN 1997-6011

Editorial council:

*D.V. Kozlov, academician of RIA and RAEN,
doctor of technical sciences, professor –
Scientific editor-in-chief*

*A.I. Golovanov, doctor of technical sciences,
professor, honored scientists of RF –
Deputy scientific editor-in- chief*

*I.P. Aidarov, academician of the Russian Science
Academy, honored irrigator of RF*

V.A. Evgraphov, doctor of technical sciences, professor

V.YA. Zhartnitsky, doctor of technical sciences

I.Yu. Zalyzin, doctor of political sciences, professor

*G.Kh. Ismaiylov, doctor of technical sciences, professor,
honored scientist of RF*

N.P. Karpenko, doctor of technical sciences

*I.P. Svintsov, academician of the Russian Science
Academy*

*V.I. Smetanin, doctor of technical sciences, professor,
honored worker of the RF higher school*

N.V. Khanov, doctor of technical sciences, professor,

V.V. Shabanov, doctor of technical sciences, professor

*D.V. Shterenlikht, doctor of technical sciences, professor,
honored scientist of RF*

**The journal is included in VAK (HCC) «List of the leading reviewed scientific journals
and editions in which main scientific results
of a doctoral or candidate's thesis must be published»**

Price of one issue – 220 r.

Index of the journal in the catalogue of «Pressa Rossii» – 80746

**UDC 502/504
BBC 20.1**

© Russian Timiryazev State Agrarian University, 2017

Содержание

05.23.00 Строительство и архитектура

Жарницкий В.Я., Андреев Е.В., Силкин А.М.

Обоснование экономической эффективности оперативного метода определения геотехнических показателей грунтов 6

Беднарук С.Е.

Альтернативная оценка характера изменений водности бассейна р. Волги и притока воды в водохранилища волжско-камского каскада 14

Беднарук С.Е., Дильман Н.А., Кленов Е.М., Чуканов В.В.

Использование номограмм динамических объемов в имитационной модели волжско-камского каскада водохранилищ 24

Белоухов С.Л., Козлов Д.В., Барыкина Ю.А.

Новый сорбент (СЦЛ-1) для очистки воды от тяжелых металлов 31

Джерелей Д.А.

Проблемы природообустройства при реновации угольных шахт Донбасса и пути их разрешения 36

Рубин О.Д., Соболев В.Ю.

Техническая реализация программно-аппаратного комплекса для мониторинга состояния и прогнозирования безопасности гидротехнических сооружений и их оснований 41

Черных О.Н., Волков В.И., Бурлаченко А.В.

Проблемы безопасности территорий нижнего бьефа столичных прудов 47

Фролов К.Е.

Экспериментальные исследования железобетонных конструкций гидротехнических сооружений с системой внешнего армирования углеродными композитными ламелями 56

Али Мунзер Сулейман, Бегляров Д.С.

Модель расчетного обоснования регулирования расхода в каскаде насосных станций путем дросселирования напора 62

06.01.00 Агрономия

Карпенко Н.П., Ломакин И.М.

Учёт неоднородности пород зоны аэрации в фильтрационных расчетах дренирования на мелиоративных системах 66

Юрченко И.Ф.

Планово-предупредительные мероприятия повышения надежности мелиоративных объектов 73

Волынов М.А., Жезмер В.Б., Сидорова С.А.

Методы анализа и обработки данных мониторинга гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса 79

Мустафаев Ж.С.

Мелиорация сельскохозяйственных земель в Казахстане: развитие, анализ и оценка 87

Петелько А.И.

Восстановление плодородия смытых почв 94

Пчёлкин В.В., Сергеева А.М.

Влияние водного режима дерново-подзолистых почв водоразделов на урожайность клевера красного 100

Хлевный Д.Е.

Влияние диаметра черенков лианы рода *ampelopsis* на их регенерационную способность 105

Устюкова В.В., Войт М.Н.

Проблемы защиты прав федеральных образовательных и научных организаций на землю 112

06.03.00 Лесное хозяйство

Седых С.А., Иванисова Н.В., Куринская Л.В., Семёнов Д.В., Зеленков Д.П.

Эдафические условия роста хвойных растений на территории города Новочеркаска 120

06.04.00 Рыбное хозяйство

Пырников А.С., Власов В.А., Ревакин А.О.

Выращивание нильской тилляпии (*O. Niloticus*) на комбикорме с добавкой «Метаболит Плюс» 127

Рой Дулон, Завьялов А.П.

Оптимизация технологии поликультуры в неспускных водоемах республики Бангладеш 136

Перечень требований и условий представления статей для публикации в журнале 143

Contents

05.23.00 Building and architecture

Zharnitsk V.YA., Andreev E.V., Silkin A.M. Feasibility study of the efficient determination of soils geotechnical indices	6
Bednaruk S.E. Alternative assessment of the character of changes of the water content of the volga river basin into the reservoirs of the Volga – kama cascade.....	14
badnaruk S.E., Diljman N.A., Klenov E.M., Chukanov V.V. Usage of nomograms of dynamic volumes in the simulation model of the Volga-Kama cascade of water reservoirs	24
Belopukhov S.L., Kozlov D.V., Barykina YU.A. New sorbent (SCL-1) for water treatment from heavy metals.....	31
Djereley D. Problems of environmental engineering when renovating Donbas coal mines and ways of their solution.....	30
Rubin O.D., Sobolev V.YU. Technical realization of the hardware-software complex for monitoring the condition and forecasting safety of hydraulic engineering structures and their foundations.....	41
Chernyh O.N., Volkov V.I., Burlachenko A.V. Problems of safety of downstream territories of the capital ponds.....	47
Frolov K.E. Experimental research of reinforced concrete structures of hydrotechnical constructions with the system of external reinforcement by carbon composite lamels.....	56
Ali Munzer Suleiman, Beglyarov D.S. Model of calculation substantiation of flow control in a cascade of pumping stations by throttling pressure	62

06.01.00 Agronomy

Karpenko N.P., Lomakin I.M. Consideration of rocks heterogeneity of the aeration zone in filtration calculations of drainage on reclamation systems.....	66
Yurchenko I.F. Planned-prophylactic measures of improving reliability of reclamation objects	73
Volynov M.A., Zhezmer V.B., Sidorova S.A. Methods of the analysis and processing of the monitoring data of hydraulic structures of the reclamation complex	79
Mustafaev ZH.S. Reclamation of agricultural lands in Kazakhstan, analysis and assessment	87
Peteljko A.I. Restoration of eroded soils fertility.....	94
Pchelkin V.V., Sergeeva A.M. The influence of water regime of sod-podzol soils of watersheds on the yield of red clover	100
Khlevny D.E. The influence of the diameter of liana cuttings of kind ampelopsis on their regeneration ability	105
Ustyukova V.V., Voit M.N. Problems of protection of the rights of federal educational and research organizations to land	117

06.03.00 Forestry

Sedykh S.A., Ivanisova N.V., Kurinskaya L.V., Semenov D.V., Zelenjkov D.P. Edaphic conditions of coniferous plants growth in the territory of the city of Novocherkassk	120
---	-----

06.04.00 Fishery

Pysikov A.S., Vlasov V.A., Revyakin A.O. Growing of nile tilapia (<i>O. Niloticus</i>) on the combined feed with the additive «Metabolit Plus».....	127
Roj Dulon, Zavjalov A.P. Optimization of the polyculture technology in non-discharged ponds of the republic of BANGLADESH	136

List of requirements and conditions of articles submission for publication in the journal	143
---	-----

УДК 502/504: 627.82.034.93

В.Я. ЖАРНИЦКИЙ, Е.В. АНДРЕЕВ, А.М. СИЛКИН

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва

ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПЕРАТИВНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРУНТОВ

Для ускоренных методов установления геотехнических параметров грунтов особенно важным является возможность по одним и тем же образцам или пробам, которые отбираются из тела сооружения, определять их строительные показатели, используемые для оценки технического состояния напорного грунтового сооружения. В этой связи важно иметь такие методы оперативного определения строительных показателей грунтов, которые не были бы трудоемкими, сложными по математическому аппарату, отличались бы четкостью и доступностью для специалистов, а главное – без снижения достоверности существенно сокращали бы время на их определение и, конечно, затраты. При выборе метода оперативного определения строительных показателей грунтов, уложенных в тело грунтовой плотины, целесообразно отдавать предпочтение тому методу, который, обеспечивая заданный уровень надежности, является наиболее экономичным. Для решения этого вопроса сформулирована многокритериальная задача оптимизации, в которой формируются критерии обоснования экономической эффективности, вычисляются значения этих критериев, выполняется ранжирование по Парето и для мажорирующего класса задача решается методом взаимных уступок.

Показатели грунта, низконапорная плотина, среднее квадратическое отклонение, системный подход, точность приборов, доверительный интервал, алгоритм оценки, функция распределения.

Введение. Из всего многообразия грунтовых материалов, используемых для возведения низконапорных грунтовых плотин, связные грунты являются наиболее распространенными, хотя в производстве работ глинистый грунт является наиболее сложным из-за низкой водопроницаемости, влияния погодных условий, небольшого диапазона влажности, при которой грунт допускается к укладке и пространственной изменчивости свойств в пределах карьера.

Вместе с тем большой опыт, накопленный при устройстве напорных грунтовых сооружений из связных грунтов, позволяет не только сделать обобщения и рекомендации по назначению основных строительных и геотехнических параметров на стадиях проектирования и строительства, но и обосновать методы оперативного их определения при обследовании грунтовых плотин

на этапе эксплуатации. Для этого достаточно иметь основные исходные данные о составе и физических показателях глинистого грунта в теле плотины на основе проведения ограниченного объема полевых и лабораторных работ. Сюда относятся данные о зерновом составе грунта ($m_{<5}$ – содержание частиц размером менее 5 мм), плотности частиц (r_s) и плотности (r) грунта, показателях пластичности (W_L и/или W_p) и влажности (W) глинистого материала в теле плотины [3].

Серьезным недостатком существующих ускоренных методов установления геотехнических параметров грунтов является отсутствие возможности по тем же образцам или пробам, которые отбираются из тела сооружения, определять другие строительные показатели (прочности, водопроницаемости и другие), используемые для оценки технического состояния напорного грунтового соо-

ружения. Поэтому очень важно иметь такие методы оперативного определения строительных показателей грунтов, которые не были бы трудоемкими, сложными по математическому аппарату, отличались бы четкостью и доступностью для специалистов, а главное – без снижения достоверности существенно сокращали бы время на их определение и, конечно, затраты [4].

Материалы и методы исследования. Выбор метода с назначением качественных критериев. Обеспечение заданного уровня надежности может быть достигнуто различными методами, каждый из которых требует различных финансовых затрат. При выборе метода обеспечения надежности целесообразно отдавать предпочтение тому методу, который, обеспечивая заданный уровень надежности, является наиболее экономичным. Для научного обоснования указанного выбора сформулируем следующую задачу оптимизации.

Назначим критерии качества, позволяющие сравнивать различные методы оценки надежности: *точность определения параметров (d); финансовые затраты (C); время, необходимое для проведения исследований (T); потребность в оборудовании (N).*

Выбор метода осуществляется из условия минимума указанных критериев. Следует отметить, что одновременно минимизировать сразу все критерии удается в редких случаях. Как правило, при решении задач оптимизации с несколькими критериями удается найти одно или несколько компромиссных решений, которые доставляют каждому критерию близкое к оптимальному, но не оптимальное значение. Множество объектов, каждый из которых имеет максимальное значение одного из критериев (показателей), уступают по значению какого-либо другого критерия хотя бы одному объекту этого множества, называется множеством точек Парето [6] данной задачи. Таким образом, множеством точек Парето – это множество, среди элементов которого нет наилучшего, и такое, что для каждого объекта, не принадлежащего множеству точек Парето, в указанном множестве найдется объект, превосходящий его по всем критериям. Рассмотрим подробно каждый критерий.

Результаты исследований. Точность определения параметров. Известно что, в различных методиках для определения эксплуатационной надёжности грунтовых плотин (ГП) необходимо определить

от 10 до 17 параметров состояния грунта (а в исключительных случаях – и больше) [1]. В нашем случае пяти параметров достаточно для объективной оценки категории технического состояния плотины:

- ρ_i – плотность грунта, г/см³;
- W_i – влажность грунта, %;
- ρ_{si} – плотность частиц грунта, г/см³;
- W_{Li} – влажность на границе текучести (верхний предел пластичности), %;
- $m_{<5i}$ – содержание в пробе грунта частиц менее 5мм, %.

Производные показатели:

- $\rho_{di} = \frac{\rho}{1+W}$ – плотность сухого грунта, г/см³;
- $I_{pi} = 0,78 \cdot W_L - 11,81$, % [45; 50...];
- $\rho_{dmax} = 2,19 - 0,93 \times \ln[r_s \times I_L]$, г/см³.

Здесь $I_L = (W_{opt} - W_p) / I_p$ – показатель текучести глинистого грунта; $I_p = W_L - W_p$ – число пластичности глинистого грунта; W_L и W_p – соответственно влажность на границе текучести и раскатывания глинистого грунта (с достаточной для практических целей точностью можно определять по зависимостям [5]:

$$I_p = 0,78 \cdot W_L - 11,81, \%$$

$$W_p = 0,22 \cdot W_L + 11,81, \%$$

$$I_p = 28,60 e_L - 11,48, \%;$$

- $W_{opt,i} = W_{opt} = 18,96 - 20,53 \times \ln(e_L)$, %.

Здесь $e_L = (r_s \times W_L) / r_w$ – коэффициент пористости грунта, соответствующий влажности на границе текучести (W_L); r_w – плотность воды; W_L – влажность на границе текучести;

• показатели прочности уплотнённого грунта: φ – угол внутреннего трения грунта; C – удельное сцепление грунта

$$\operatorname{tg} \varphi_i = 0,23 + 0,33 \ln(e_L / e) \cdot \frac{K_{com,i}}{0,96},$$

$$C = 12,18 \times e^{0,507(e_L/e)} \cdot \frac{K_{com,i}}{0,96},$$

$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}$ – коэффициент пористости грунта;

• коэффициент фильтрации уплотнённого грунта в теле плотины (k_f)

$$k_f = [13,49 \times [e / (m_{<5} \times e_L)]^{3,17} \cdot 10^{-7}] \cdot \frac{0,96}{K_{com,i}}, \text{ см/с.}$$

В вышеприведенных формулах $k_{com,i}$ – коэффициент (степень) уплотнения грунта в теле плотины.

При этом точности параметров приняты в интервале: $\sigma_i, i=1,2...17$. В качестве значения критерия d следует выбирать величину максимального значения относительной погрешности:

$$d = \max \left| \frac{\sigma_i}{p_i} \right|, \quad (1)$$

где $\left| \frac{\sigma_i}{p_i} \right|$ – абсолютная величина наибольшего значения соответствующего параметра.

Точность определения параметров в случае лабораторного исследования определяются по формуле [2]:

$$\sigma_i = \frac{\sigma_{\hat{e}ci}}{\sqrt{n_i}}, \quad (2)$$

где i – номер параметра; $\sigma_{\hat{e}ci}$ – точность одного измерения; n_i – количество измерений i -го параметра.

Для оценки точности определения параметров грунта, по которым оценивается надежность ГП, по методике, предполагающей вычисление части параметров по измеренным величинам, необходимо использовать оценки погрешностей, с которыми определяются остальные параметры.

$$\begin{aligned} (I_p) \text{ равна } \sigma_{Ipi} &= 0,78 \cdot \sigma_W \approx 0,4\%; \quad \frac{\partial \rho_{dmax}}{\partial \rho_s} = 0,88 \cdot \left(\frac{1}{\rho_s} - \frac{W_L}{1+e_{Li}} \right) \approx 0,16; \quad \frac{\partial \rho_{dmax}}{\partial W_L} = -0,88 \cdot \rho_s / (1+e_{Li}); \\ \sigma_{\rho_{dmax}} &= 0,01; \quad \frac{\partial e_{opt}}{\partial \rho_s} = -\frac{1}{\rho_{dmax}} \approx -0,6; \quad \frac{\partial e_{opt}}{\partial \rho_{dmax}} = -\frac{\rho_s}{\rho_{dmax}^2} \approx -0,9; \quad \sigma_{e_{opt}} \approx 0,003; \quad \frac{\partial tg\varphi}{\partial \rho_s} = \\ &= -0,33 \cdot \left(\frac{k_{com,i}}{0,96} \frac{\partial}{\partial \rho_s} \ln \left(\frac{e}{e_{Li}} \right) + \frac{1}{0,96} \ln \left(\frac{e}{e_{Li}} \right) \frac{\partial k_{com,i}}{\partial \rho_s} \right) \approx -0,4; \quad \frac{\partial tg\varphi}{\partial \rho_d} = -0,33 \cdot \left(\frac{k_{com,i}}{0,96} \frac{\partial}{\partial \rho_d} \ln \left(\frac{e}{e_{Li}} \right) + \frac{1}{0,96} \ln \left(\frac{e}{e_{Li}} \right) \frac{\partial k_{com,i}}{\partial \rho_d} \right) \approx 0,02. \end{aligned}$$

Точность определения значения тангенса угла внутреннего трения грунта (tgj) равна $\sigma_{tg\varphi} \approx 0,03$;

$$\frac{\partial C}{\partial \rho_s} = -0,33 \cdot \left(\ln \frac{k_{com,i}}{0,96} \frac{\partial}{\partial \rho_s} \ln \left(\frac{e}{e_{Li}} \right) + \frac{1}{0,96} \ln \left(\frac{e}{e_{Li}} \right) \frac{\partial \ln k_{com,i}}{\partial \rho_s} \right) \approx -0,4;$$

$$\frac{\partial C}{\partial \rho_d} = -0,33 \cdot \left(\ln \frac{k_{com,i}}{0,96} \frac{\partial}{\partial \rho_d} \ln \left(\frac{e}{e_{Li}} \right) + \frac{1}{0,96} \ln \left(\frac{e}{e_{Li}} \right) \frac{\partial \ln k_{com,i}}{\partial \rho_d} \right) \approx 0,02.$$

Точность определения значения удельного сцепления грунта (C) равна $\sigma_C \approx 0,01$.

В формулах, приведенных выше, даны оценки точностей указанных параметров. Проведенные расчеты позволяют убедиться в том, что реальные точности определения вычисляемых параметров приблизительно на порядок выше оценочных значений. Это позволяет сделать вывод о том, что при вычислении значений параметров по предлагаемой в диссертации методике значения точностей определения параметров такие же,

Точности определения параметров в случае расчёта на ПК по формулам вида [2]

$$\sigma_e^2 = \sum_{i=1}^m (f'_{p_i})^2 \cdot \sigma_i^2, \quad (3)$$

где m – число параметров p_i , по которым вычисляется параметр σ_e^2 .

Для рассматриваемой задачи результаты указанных вычислений представляются как

$$\frac{\partial \rho_{di}}{\partial \rho} = \frac{1}{1+W} \approx 0,8;$$

$$\frac{\partial \rho_{di}}{\partial W} = -\frac{\rho}{(1+W)^2} \approx -12.$$

При этом точность определения значения плотности сухого грунта равна

$\sigma_{\rho_{di}} = \left(\left(\frac{\partial \rho_{di}}{\partial \rho} \right)^2 \sigma_{\rho}^2 + \left(\frac{\partial \rho_{di}}{\partial W} \right)^2 \sigma_W^2 \right)^{1/2} \approx 0,007$ где σ_{ρ} – точность экспериментального определения значения, плотности частиц грунта; σ_W – точность экспериментального определения значения влажности грунта. Точность определения значения числа пластичности

как при экспериментальном определении по классической методике. В таблице 1 представлены значения погрешностей значений определяемых параметров, погрешности значений тех же параметров при непосредственном их определении лабораторными исследованиями и предельно допустимые значения указанных погрешностей.

Результаты исследований. Финансовые затраты. Финансовые затраты (C), необходимые для проведения исследований, определяются [4] по формуле:

$$C = n \cdot (c_{ui} + c_{ni}) + \max T_i, \quad (4)$$

где i – количество параметров; c_{ui} – стоимость исследования образца грунта с целью определения значения i -го параметра; c_{ni} – стоимость подготовки образца грунта (включая транспортировку) к лабораторным исследованиям; c_{Ti} – стоимость транспортировки образцов грунта к месту проведения исследований.

Погрешности значений определяемых параметров

№	Параметр	При вычислении по методике	При определении в лаборатории	Предельное допустимое значение
1	ρ_{d_i}	0,007	0,005	0,01
2	I_p	0,4%	0,05%	1%
3	$\rho_{d_{max}}$	0,01	0,005	0,1
4	e_{opt}	0,003	0,0005	0,01
5	$tg\varphi$	0,03	0,005	0,1
6	k_{com}	0,004	0,001	0,01
7	C	0,01	0,001	0,1

Для вычисления затрат на проведение лабораторных исследований значений параметров, определяющих состояние грунтовой плотины, следует рассмотреть расценки работ, необходимых для проведения таких исследований.

✓ **Бурение скважин и отбор образцов грунта в текущих ценах:**

- количество скважин – $3 \times 3 = 9$ шт.
- глубина скважин – 7,7 м.
- стоимость бурения 1 м скважины – 1500 руб.
- общая стоимость работ по бурению необходимого числа скважин составляет

$$(7,7 \cdot 9) \times 1500 = 103950 \text{ руб.}$$

✓ **Определение физико-механических свойств грунтов – 500 руб. за 1 показатель.**

Для оценки состояния плотины необходимо иметь значения 17 показателей, указанных в предыдущей главе. При использовании стандартной методики указанные значения определяются с помощью лабораторных исследований. Вычислим стоимость этих исследований, учитывая, что стоимость исследования одного показателя составляет 500 руб.:

$$(7,7 \text{ м} \times 17 \text{ показателей} \times 500 \text{ руб.}) \times 9 \text{ скважины} = 589050 \text{ руб.}$$

При использовании методики, предложенной в данной работе, путем лабораторных исследований определяются значения четырех показателей, при этом значения остальных вычисляются по формулам приведенным выше. Таким образом, стоимость лабораторных исследований составляет:

$$(7,7 \text{ м} \times 4 \text{ показателя} \times 500 \text{ руб.}) \times 9 \text{ скважин} = 138600 \text{ руб.}$$

✓ **Транспортировка – 25 руб. за 1 км по Московской области.**

При использовании стандартных методов установления значений вышеуказанных показателей работы необходимо проводить в специализированной лаборатории, следовательно, необходима транспортировка образцов на расстояние, предположим, равное 100 км. Тогда затраты на транспортировку составят приблизительно 2500 руб.

При использовании оперативных методов определения строительных показателей грунтов необходимые исследования можно провести в мобильной лаборатории, т.е. в этом случае транспортировка образцов не требуется.

✓ **Непредвиденные расходы – 15% от всех вышеперечисленных.**

Таким образом, расходы на проведение необходимых исследований составят 589050 руб. и 138600 руб. по стандартной и оперативной схемам соответственно. С учетом среднего значения непредвиденных расходов эти затраты увеличатся до 680283 руб. и 159390 руб. соответственно.

Приведенные результаты подсчетов свидетельствуют, что использование оперативных методов установления строительных показателей грунтов, уложенных в тело плотины, обеспечивают экономию затрат на проведение работ по оценке технического состояния грунтового сооружения более чем в 4 раза.

Время, необходимое для проведения исследований. Время T , необходимое для определения физико-механических параметров грунтов, зависит от способа их определения и может быть вычислено. Если каждый параметр определяется путем исследования проб грунта в лабораторных услови-

ях с помощью специального оборудования, то для подсчета временных и финансовых затрат и для оценки трудоемкости исследований можно ввести в рассмотрение некоторые функции, позволяющие вычислить указанные величины.

Время (t_i), затрачиваемое на определение в лабораторных условиях значения каждого параметра (p_i), может быть представлено суммой

$$t_i = t_{ui} + t_{ni} + t_{Ti}, \quad (5)$$

где t_{ui} – время собственно исследования в лаборатории; t_{ni} – время, необходимое для предварительной обработки образцов; t_{Ti} – время, необходимое для транспортировки образцов.

С учётом того, что транспортировка образцов осуществляется одновременно, а исследование может проводиться параллельно, время T может быть вычислено по формуле:

$$T = n \cdot (t_{ui} + t_{ni}) + \max_i t_{Ti}, \quad (6)$$

В том случае, когда часть параметров вычисляется с помощью ПК, время T значительно меньше, поскольку вычисления на компьютере занимают менее секунды, n в этом случае существенно меньше, транспортировка не требуется.

При исследовании образцов по стандартной методике необходимо проводить исследование в стационарной лаборатории. Для этого необходима транспортировка образцов от места расположения плотины в исследовательский центр, причем для осуществления указанной транспортировки необходимы упаковка и распаковка образцов. На всю процедуру требуется время, сравнимое с продолжительностью одного рабочего дня. Проведение исследований образцов производится в течение приблизительно 10 рабочих дней. Таким образом, с учетом выходов на проведение исследований требуется приблизительно 15 дней, т.е. $T = 15$ дней.

Используя предложенную методику, лабораторные исследования образцов можно провести в мобильной лаборатории в течение одного рабочего дня, при этом в лаборатории определяются значения только 4-х показателей, а остальные вычисляются по формулам. Следовательно, вся процедура исследований может быть выполнена в течение одного рабочего дня.

Потребность в оборудовании. При исследовании образцов по стандартной мето-

дике необходимо использование пяти приборов в стационарной геотехнической лаборатории. Кроме того, необходима транспортировка образцов от места расположения плотины в исследовательский центр, следовательно, необходим автомобиль с водителем.

Таблица 2

Результаты сравнения показателей рассматриваемых методик

№	Показатель	Стандартная методика	Разработанная методика
1	2	3	4
1	d	0,0001	0,0005
2	C	680283	159390
3	T	15	1
4	N	6	2

Для проведения исследования с использованием предложенной методики необходима работа одного сотрудника, а в течение одного рабочего дня – одна лабораторная установка, которую можно перевозить в мобильной лаборатории, и один персональный компьютер.

Таким образом, задача по выбору метода определения значений строительных показателей грунтов в теле плотины может быть сформулирована как многокритериальная задача оптимизации.

Для наглядности результаты определения значений показателей сравниваемых методик приведем в таблице 2.

Многокритериальная задача оптимизации. Многокритериальная задача оптимизации формулируется следующим образом.

Пусть заданы m функций, зависящих от n переменных x_1, \dots, x_n

$$f_k(x_1, \dots, x_n), \quad i = 1, \dots, m;$$

в пространстве R^n задано множество

$$\Omega = \left\{ x \mid x^T = (x_1, \dots, x_n) \in R^n, g_1\left(\begin{matrix} - \\ x \end{matrix}\right) \leq 0, \dots, g_s\left(\begin{matrix} - \\ x \end{matrix}\right) \leq 0 \right\} \quad (7)$$

где $g_j\left(\begin{matrix} - \\ x \end{matrix}\right), j = 1, \dots, s$ – некоторые функции. Требуется найти точки множества Ω , доставляющие минимум (максимум) всем функциям $f_k(x_1, \dots, x_n), i = 1, \dots, m$.

Функции $f_k(x_1, \dots, x_n)$ называются критериями. Как правило, не существуют такого решения (т.е. таких значений переменных x_1, \dots, x_n), чтобы все критерии одновременно достигли минимума (или максимума). Однако для каждой задачи много-

критериальной оптимизации существует подмножество P множества Ω , такое, что при переходе от одной точки множества P к другой значения одних критериев увеличиваются, а других – уменьшаются. При этом множество P называется множеством точек Парето.

После того, как множество точек Парето найдено, чтобы выбрать в качестве решения одну из точек этого множества, необходимо каким-либо образом трансформировать исходную многокритериальную задачу оптимизации в однокритериальную.

Существуют различные методы решения таких задач. Основными подходами к решению многокритериальных задач являются:

- редукция к однокритериальной задаче оптимизации с ограничениями;
- методы свертки, учитывающие мнения экспертов;
- метод последовательных уступок;
- метод иерархий критериев;
- метод ранжирования по Парето [6].

Рассмотрим некоторые из них.

Первый метод заключается в том, что из нескольких сформированных критериев (f_1, f_2, \dots, f_m) , которые следует минимизировать (максимизировать), выбирается наиболее существенный (например, f_1), который в дальнейшем рассматривается как единственный новый критерий, а остальные критерии используются для формирования ограничений вида

$$f_i \leq f_{i \max}, \quad i=2, \dots, m.$$

Таким образом, задача многокритериальной оптимизации сводится к задаче однокритериальной оптимизации с ограничениями, или к последовательности таких задач.

Метод свертки заключается в том, что из нескольких сформированных критериев (f_1, f_2, \dots, f_m) формируется один критерий:

$$J = \sum_{i=1}^k \omega_i \cdot f_i \quad (8)$$

или

$$J = \max_{1 \leq i \leq k} \omega_i \cdot f_i. \quad (9)$$

Метод последовательных уступок состоит в последовательном решении задач первым методом, при этом каждый критерий поочередно рассматривается как основ-

ной и на каждом шаге производится ослабление ограничений.

Метод иерархий критериев заключается в следующем. Сначала критерии ранжируются по важности. Затем решается задача оптимизации с наиболее важным критерием. Затем среди решений, доставляющих основному критерию значения, отличающиеся от оптимального на допустимую величину, выбирается то, которое доставляет следующему по важности критерию оптимальное решение. Затем процедура повторяется для следующего по важности критерия и т.д., пока не будут оптимизированы все критерии.

Рассмотрим *метод ранжирования по Парето*. Пусть имеется множество некоторых объектов: например, методов проведения исследования на надежность, каждый из которых характеризуется упорядоченным набором параметров – критериев (f_1, f_2, \dots, f_m) . Доказано [6], что всё множество таких объектов можно разбить на классы (непересекающиеся подмножества) таким образом, что в каждом классе не существует объекта, у которого значения всех критериев не хуже, чем у любого другого объекта из этого класса. В результате такого разбиения всего исходного множества можно выделить такое подмножество объектов, что каждый объект из этого подмножества (класса) превосходит остальные объекты.

Метод взаимных уступок состоит в следующем. Пусть имеется n объектов, каждый из которых оценивается по m критериям f_1, f_2, \dots, f_m . Исследователем указанные критерии ранжируются по важности, например, пусть самый важный критерий f_1 , f_2 – следующий по важности и т.д., наконец, f_m – критерий наименьшей важности.

Назначаются величины, на которые допустимо ухудшить значение каждого критерия с целью улучшения значений менее важных критериев $\Delta f_1, \Delta f_2, \dots, \Delta f_m$. Для определенности рассмотрим случай, когда оптимальным считается наименьшее значение каждого критерия.

Из рассматриваемого множества объектов выбирается тот, у которого значение f_1 наименьшее, затем из оставшегося множества исключаются те, у которых значения критерия f_1 больше минимального – более, чем на величину Δf_1 .

Далее среди оставшихся объектов выбирается тот, у которого значение f_2 наименьшее и из оставшегося множества ис-

ключаются те, у которых значения критерия f_2 больше минимального – более, чем на величину Δf_2 , и т.д. Процедура продолжается, пока не будет выбран объект, у которого значение f_m наименьшее [7].

Выводы

Решение задачи по выбору наилучшего метода исследования надежности низконапорной грунтовой плотины выполняется в такой последовательности:

- ✓ формируются критерии, например, d, T, C, N ;
- ✓ вычисляются значения этих критериев для каждого метода;
- ✓ выполняется ранжирование по Парето;
- ✓ для мажорирующего класса решается задача методом взаимных уступок при ограничении на значение d .

На основе задачи многокритериальной оптимизации разработана расчётная программа с использованием алгоритмического языка «Фортран».

Библиографический список

1. Бардюков В.Г., Изотов В.Н., Гришин В.А. и др. Ремонт плотины Курейской ГЭС // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. – 2000. – Т. 238. – 105 с.
2. Беллендир Е.Н., Ивашинов Д.А. и др. Вероятностные методы оценки надежности грунтовых гидротехнических сооружений. Т. 1. – СПб.: Изд-во ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», 2003. – 553 с.
3. Жарницкий В.Я., Андреев Е.В. Принципы мониторинга технического состояния низконапорных грунтовых плотин, попадающих в группу риска на основании экспертного заключения // Природообустройство. – 2013. – № 1. – С. 38-42.
4. Жарницкий В.Я. Обеспечение качества и надежности каменно-земляных плоти

тин при строительстве. – Иваново: Изд-во ИГЭУ им. В.И. Ленина, 2005. – 156 с.

5. Жарницкий В.Я., Андреев Е.В. Принципы формализации в построении математической модели оценки надежности низконапорных грунтовых плотин // Природообустройство. – 2012. – № 4. – С. 39-44.

6. Зададаев С.А., Семянин М.А. Ранжирование по Парето в финансово-экономическом анализе // Количественные методы в финансах: Сборник научных статей. – М.: Финансовый университет, 2010. – С. 34-46.

7. Прикладной регрессионный анализ 3-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. – 912 с.

Материал поступил в редакцию 28.06.2016 г.

Сведения об авторах

Жарницкий Валерий Яковлевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Основания и фундаменты, строительство и экспертиза объектов недвижимости»; ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Москва, ул. Б. Академическая, д. 44; e-mail: zharnitskiy@mail.ru; тел.: +7-905-720-30-72.

Андреев Евгений Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Основания и фундаменты, строительство и экспертиза объектов недвижимости»; ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Москва, ул. Б. Академическая, д. 44; e-mail: andreev-rf@mail.ru; тел.: +7-929-648-09-27.

Силкин Александр Михайлович, доктор технических наук, профессор кафедры «Основания и фундаменты, строительство и экспертиза объектов недвижимости»; ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Москва, ул. Б. Академическая, д. 44; тел.: 8-499-976-42-23.

V.YA. ZHARNITSK, E.V. ANDREEV, A.M. SILKIN

Federal state budget educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev»

FEASIBILITY STUDY OF THE EFFICIENT DETERMINATION OF SOILS GEOTECHNICAL INDICES

For accelerated methods of establishment of geotechnical parameters of soils the possibility is especially important on the same samples or tests which are taken from the body of the structure to determine their building indices which are used for assessment of the technical state of the pressure soil structure. In this connection it is important to have such methods of operational determination of soils building indices which wouldn't be so laborious, complex on mathematical apparatus, would be notable for accuracy and availability for specialists, and the main thing – without

decrease of the reliability would essentially reduce time on their determination and, of course, costs. When choosing a method of the operational determination of soils building indices laid in the body of the soil dam, it is feasible to give preference to the method which by ensuring the assigned level of reliability is the most economical. For solution of this matter a multicriteria problem of optimization is formulated in which criteria of feasibility study are formulated, values of these criteria are calculated, rating on Pareto is fulfilled and for the dominating class the task is decided by a method of mutual concessions.

Soil indicators, low-pressure dam, average quadratic deviation, systematical approach, precision instruments, confidence interval, estimation algorithm, distribution function.

References

1. Bardyukov V.G., Izotov V.N., Grishin V.A. i dr. Remont plotiny Kurejskoj GES // Izvestiya VNIIG named after B.E. Vedeneeva. – 2000. – T. 238. – 105 s.
2. Bellendir E.N., Ivashintsov D.A. i dr. Veroyatnostnye metody otsenki nadezhnosti gruntovyh gidrotehnicheskikh sooruzhenij. T. 1. – SPb.: Izd-vo OAO «VNIIG IM im. B.E. Vedeneeva», 2003. – 553 s.
3. Zharnitsky V.Ya., Andreev E.V. Printsipy monitoring tehničeskogo sostoyaniya nizkonapornyh gruntovyh plotin, popadayushchih v gruppu riska na osnovanii ekspertnogo zaklyucheniya // Prirodobustrojstvo. – 2013. – № 1. – S. 38-42.
4. Zharnitsky V.Ya. Obespechenie kachestva I nadezhnosti kamenno-zemlyanyh plotin pri stroiteljstve. – Ivanovo: Izd-vo IGEU im. V.I. Lenina, 2005. – 156 s.
5. Zharnitsky V.Ya., Andreev E.V. Printsipy formalizatsii v postroenii matematicheskoy modeli otsenki nadezhnosti nizkonapornyh gruntovyh plotin // Prirodobustrojstvo. – 2012. – № 4. – S. 39-44.
6. Zadadaev S.A., Semyanin M.A. Ranzhirovanie po Pareto v finansovo-ekonomicheskom analize // Kolichestvennyye metody v finansah: Sbornik nauchnyh statej. – M.: Finansovyj universitet, 2010. – S. 34-46.
7. Prikladnoj regressionnyy analiz 3-e izd.: Per. s angl. – M.: Izdateljsky dom «Viljams», 2007. – 912 s.

The material was received at the editorial office
28.06.2016

Information about the authors

Zharnitsky Valerij Yakovlevich, doctor of technical sciences, professor of the chair «Bases and foundations, building and expertise of estate property objects»; FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. B. Academicheskaya, d. 44; e-mail: zharnitskiy@mail.ru; тел.: +7-905-720-30-72.

Andreev Yevgenij Vladimirovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Bases and foundations, building and expertise of estate property objects»; FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. B. Academicheskaya, d. 44; e-mail: andreev-rf@mail.ru; тел.: +7-929-648-09-27.

Silkin Alexandr Mikhailovich, doctor of technical sciences, professor of the chair «Bases and foundations, building and expertise of estate property objects»; FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. B. Academicheskaya, d. 44; tel.: 8-499-976-42-23.

УДК 502/504:551.5:627.8

С.Е. БЕДНАРУК

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ОЦЕНКА ХАРАКТЕРА ИЗМЕНЕНИЙ ВОДНОСТИ БАССЕЙНА р. ВОЛГИ И ПРИТОКА ВОДЫ В ВОДОХРАНИЛИЩА ВОЛЖСКО-КАМСКОГО КАСКАДА

Проблема происходящих и возможных в ближайшие десятилетия значительных изменений глобальных климатических характеристик, якобы связанных с результатами человеческой деятельности, приобрела широкий резонанс. Проведенные в последние годы с помощью разных методов исследования в подавляющем большинстве случаев привели к заключению о том, что в ближайшие десятилетия водность в бассейне Волги будет расти. В работе предложен альтернативный подход к оценке суммарного притока воды в водохранилища на Волге и Каме. Вместо широко применяемых трендов изменения водности рек Волжско-Камского бассейна использованы разностные интегральные кривые суммарного притока воды к водохранилищам Волжско-Камского каскада. На основе анализа разностной интегральной кривой суммарного притока воды к водохранилищам Волжско-Камского каскада за 1959-2005 гг. в конце 2005 г. был сделан вывод о периодическом характере изменения суммарного притока воды в водохранилища каскада. В 2012-2013 гг. были предложены теоретические разностные интегральные кривые суммарного притока воды для года, половодья и межени, определены их параметры. В соответствии с полученными теоретическими кривыми дана оценка изменения суммарного притока воды в водохранилища каскада на ближайшие десятилетия, кардинально отличающаяся от общепризнанных прогнозов. Приведено сопоставление оценки изменения притока на период 2010-2015 гг., полученной с использованием разработанного подхода в 2006 г., и официального стратегического прогноза Росгидромета 2005 г. с фактическими значениями суммарного притока к водохранилищам каскада за указанный период. Показана высокая степень соответствия факту оценки, полученной по предлагаемому подходу, в отличие от официального стратегического прогноза.

Бассейн р. Волги, приток воды, водохранилища Волжско-Камского каскада, интегральная разностная кривая, межень, половодье, прогноз притока.

Введение. Вопросы оценки и прогноза изменений водных ресурсов и водного режима рек под влиянием как природных, так и антропогенных факторов относятся к числу наиболее актуальных в гидрологической науке и имеют большое значение при проектировании водохозяйственных мероприятий, при оценке их влияния на окружающую среду, а также для разработки долгосрочной политики в области водного хозяйства и управления крупными водохозяйственными системами с водохранилищами комплексного назначения.

В последние годы интерес к оценке и прогнозу количественных изменений водных ресурсов и учету их в перспективном планировании еще более возрос в связи с получившей большой общественный резонанс проблемой происходящих и возможных в ближайшие десятилетия значительных изменений глобальных климатических характеристик (температуры воздуха и осадков), обусловленных якобы антропогенным

ростом концентрации углекислого газа в атмосфере.

К наиболее существенным последствиям возможного глобального потепления климата принято относить изменение количества формирующихся на водосборных территориях водных ресурсов и гидрологического режима водных объектов. От направленности этих изменений во многом зависят условия водообеспечения населения, функционирования водоемких отраслей промышленности, гидроэнергетики, сельского хозяйства, а также экологическая ситуация обширных регионов.

В пределах бассейна Волги находятся (полностью или частично) 37 субъектов Российской Федерации, большое количество важнейших водохозяйственных объектов, расположенных в разных климатических условиях и являющихся составной частью одной из крупнейших в мире водохозяйственных систем. Это самый густонаселенный и экономически развитый регион стра-

ны. В связи с этим существует необходимость оценки произошедших и возможных в перспективе изменений водных ресурсов и гидрологического режима в бассейне Волги на ближайшие десятилетия. Изменения в количестве водных ресурсов и их распределении во времени и пространстве могут повлиять на условия их использования включая обеспечение судоходства, затруднить эксплуатацию гидротехнических сооружений (дамб, плотин, водозаборов, портов, причалов, мостовых и подводных переходов, дюкеров, рыбохозяйственных сооружений), снизить надежность дренажных, ливневых и канализационных систем.

Основными задачами настоящей работы явились:

- анализ имеющихся исследований по оценке современных изменений водных ресурсов и водного режима в бассейне Волги, в том числе и под влиянием климатических факторов;
- разработка методики анализа водности бассейна Волги (суммарного притока воды к водохранилищам Волжско-Камского каскада) с использованием разностных интегральных кривых (РИК) притока и выявление на ее основе закономерностей изменения гидрологических характеристик приточности к водохранилищам Волжско-Камского каскада.

При решении первой задачи использовались прежде всего материалы исследований, выполнявшихся в середине 2000-х гг. в Государственном институте прикладной экологии (ГИПЭ, к.г.н. Ю.Г. Мотовилов) с привлечением ведущих специалистов в этой области из других научных и проектных институтов: группы из Государственного гидрологического института под руководством профессора, д.т.н. И.А. Шикломанова (д.г.н. В.Ю. Георгиевский, к.г.н. А.Л. Шалыгин, Т.Г. Молчанова, Т.Л. Шалашина); группы из института «Гидропроект» под руководством д.т.н. А.Е. Асарина (Е.Н. Шилина, Е.Ю. Гришкова, Н.Г. Плешакова, Л.В. Иванова и Н.А. Пономаренко); сотрудников Института географии РАН к.г.н. А.Г. Георгиади и к.г.н. И.П. Милюковой и группы из НИИ энергетических сооружений под руководством д.ф.-м.н. В.В. Беликова. В работе детально анализировался ряд публикаций в основном за предшествующее десятилетие.

Одним из основных выводов упомянутых исследований ГИПЭ был такой:

«Поскольку надежного прогноза динамики глобальных и региональных изменений температуры воздуха и осадков в настоящее время дать не представляется возможным, то и говорить о надежных прогнозах гидрологических последствий этих изменений на перспективу также не приходится. В этом случае речь может идти лишь о тенденциях и оценках гидрологических последствий для конкретных сценариев изменений температуры и осадков, а вопрос, когда этот климатический сценарий может реализоваться и реализуется ли он вообще, остается открытым».

Вместе с тем подавляющее большинство выполненных исследований указывало на то, что в последние 20 лет прошедшего века наблюдалось заметное увеличение водности бассейна Волги. Увязав это повышение водности с так называемым «глобальным потеплением», используя так называемые «сценарии изменения климата», полученные по различным моделям (все из них «предсказывают» глобальное потепление, отличающееся только по абсолютной величине), исследователи в своем подавляющем большинстве с помощью разных методов пришли к консолидированному заключению о том, что в ближайшие десятилетия водность в бассейне Волги будет расти. Отличие заключается лишь в величине ожидаемого увеличения водности: от 4-14% до 20% в 2011-2040 гг. и от 8-20% до 25% в 2031-2060 гг. Кроме того, практически единодушным является заключение о значительном внутригодовом (сезонном) перераспределении стока на межень (особенно на зимнюю, водность которой должна вырасти в 1,5-2 раза). Важнейшим практическим выводом из этого является вывод о том, что на большей части территории России (включая бассейн Волги) ожидается увеличение удельной водообеспеченности на 10-25%.

Необходимо отметить, что, поскольку удельная водообеспеченность характеризуется количеством воды, приходящимся на единицу площади и одного жителя речного бассейна и поскольку ожидать в ближайшие десятилетия какого-либо значительного изменения, например, водосборной площади Волги, нельзя, то изменение этой водообеспеченности может быть вызвано только изменением водности бассейна (прямо пропорционально) или количества населения (обратно пропорционально).

Поскольку в ближайшие 30-50 лет трудно планомерно ожидать снижения количества населения России на 10-25% (мало того, согласно последним статистическим данным, демографический кризис в России 1990-х – начала 2000-х гг. преодолен и наметился рост населения), то удельная водообеспеченность может повыситься только за счет увеличения водных ресурсов. Однако практика непосредственного и непрерывного участия в планировании и оперативном управлении режимами работы водохранилищ Волжско-Камского каскада с 1991 г. к 2005 г. вызвала сомнения в правильности «трендовых» оценок повышения водности в Волжском бассейне, даже обосновывающихся «общеизвестными в мире» теориями глобальных изменений климата (потепление).

Материал и методы исследования. Прежде всего неверной представляется принятая методика оценки изменений водности, основанная на использовании трендов (даже «при уровне значимости 95%»). Дело в том, что при достаточно сильных вариациях исследуемого показателя выбор начальной точки, из которой «рисуются» тренд, и периода, на который он «рисует», значительно влияет на его вид, что особенно заметно в случае, если изменения показателя на достаточно длительном интервале имеют периодический характер. Если исходить из того, что колебания водности носят периодический характер, то анализ может привести к противоположным результатам.

Первоначально такой анализ был выполнен автором в 2005 г. Его результаты были доведены до руководства Федерального агентства водных ресурсов в ноябре 2005 г. (учтены при планировании и осуществлении режимов работы водохранилищ Волжско-Камского каскада уже с 2006 г.) и представлены научной общественности в Новосибирске в июне 2007 г.

В указанной работе анализировались изменения приточности к водохранилищам каскада за весь период его существования (с 1959 по 2005 гг.), влияние этих изменений на параметры специальных весенних попусков и регулирование режимов работы гидроузлов каскада в целом. В основе анализа лежало рассмотрение разностной интегральной кривой суммарного притока воды к водохранилищам каскада (рис. 1). На этой кривой ясно выделялись

маловодный (1959-1977) и многоводный (1978-2005) периоды, в течение которых дефицит или избыток стока достигали двух величин среднего за весь период объема годового стока.

Дополнительное рассмотрение колебаний половодного стока позволило выдвинуть гипотезу о природных циклах изменения речного стока в бассейне Волги и их параметрах (амплитуда колебания годового стока – около 1 среднемноголетней величины, период – 48 лет). При этом каждый из полупериодов (пониженной и повышенной водности) делился пополам: выделялся отрезок т.н. «относительной стабильности» (рис. 1). На основе выдвинутой гипотезы был сделан прогноз о вступлении с 2002 г. Волжского бассейна в маловодную фазу, количественным выражением которой будет интегральный «недобор» притока воды в водохранилища каскада в объеме около 500 км³ к 2024 г. Данный прогноз вступал в категорическое противоречие со всеми результатами других исследований, т.е. предсказывался не рост притока на 10-20%, а его снижение в среднем за следующие 20 лет на ~10% относительно нормы годового притока, или на ~20% относительно предыдущих 20 лет!

Относительно внутригодового распределения стока отмечалась казавшаяся явной тенденция увеличения стока осенне-зимней межени и сокращения половодного стока и стока летней межени, что близко и к оценкам, полученным в большинстве других исследований.

Результаты и обсуждение. В 2012-2013 гг. в ходе выполнения по заказу Минприроды России научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по теме «Научно-аналитические основы управления водохозяйственными системами, включающими каскады водохранилищ комплексного назначения» было решено оценить правильность выдвинутой в 2005 г. гипотезы и углубить анализ изменения притока на основе использования разностных интегральных кривых, построив их для периода половодья и межени. Результат рассмотрения полученных кривых по сути показал, что никакого внутригодового перераспределения стока, которое признавалось всеми без исключения известными исследованиями, нет. Разностные интегральные кривые притока для весеннего половодья и межени (летне-осенней и зимней) оказа-

лись, как и годовой сток, периодически изменяющимися, притом достаточно синхронно (рис. 2).

Рассмотрение обновленной РИК годового стока показало, что в практически пол-

ном соответствии с выдвинутой в 2005 г. гипотезой в течение 2006-2008 гг. годовой приток стабилизировался, а с 2009 г. (несколько раньше предполагавшегося) началось его устойчивое снижение.

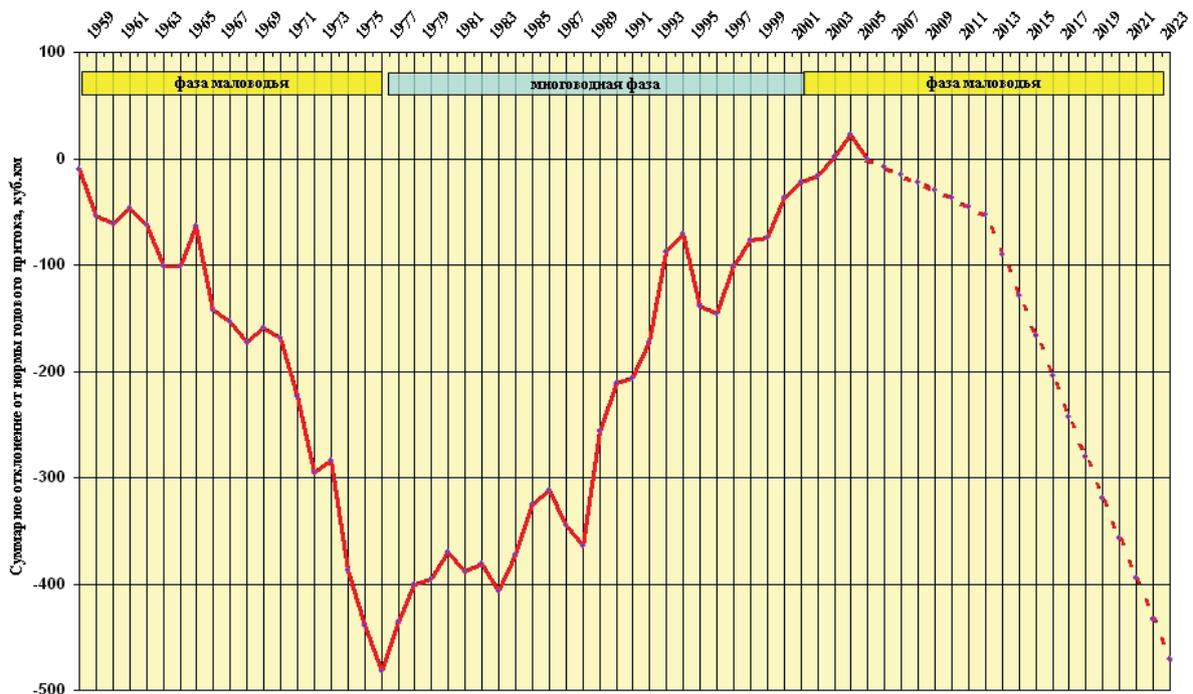


Рис. 1. Разностная интегральная кривая годового притока воды в водохранилища Волжско-Камского каскада за период 1959-2006 гг. и оценка до 2024 г. (при норме 265 км³)

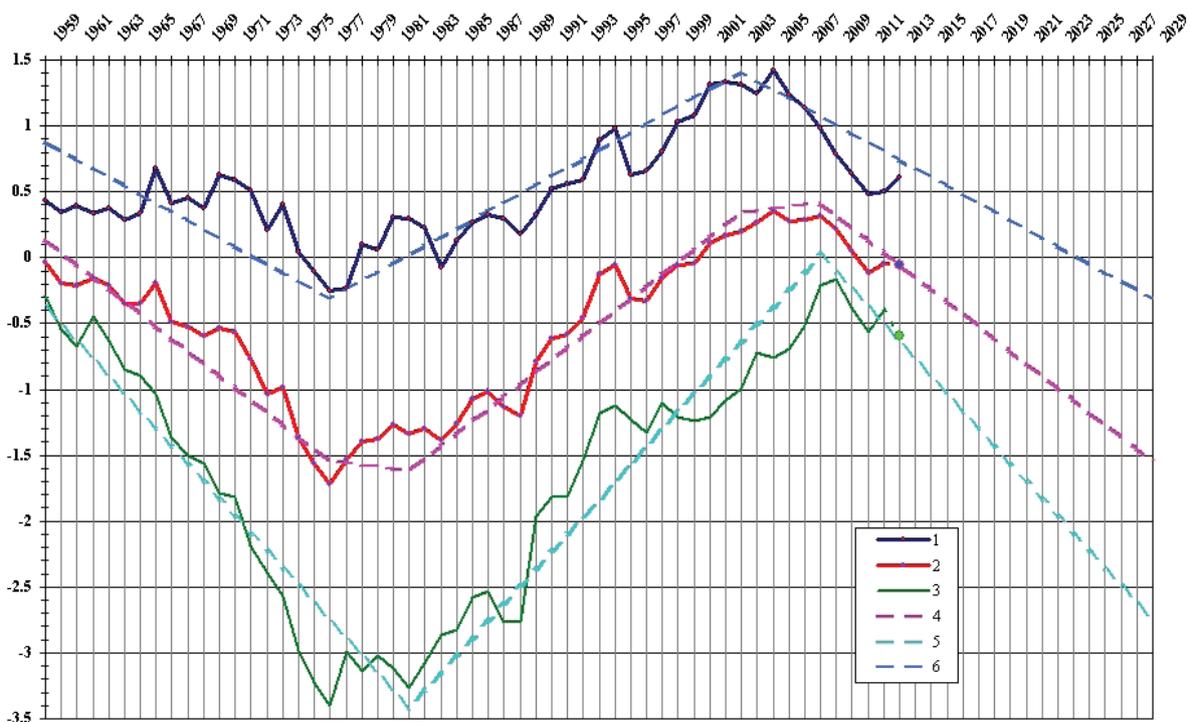


Рис. 2. Нормированные разностные интегральные кривые суммарного притока воды в водохранилища Волжско-Камского каскада за год (2 – факт; 4 – теория), за половодье (1 – факт; 6 – теория) и за межень (3 – факт; 5 – теория) за период 1959-2012 гг. и до 2029 г.

Для подбора теоретических функций, описывающих интегральные изменения притока воды в водохранилища каскада, было решено аппроксимировать нормированные РИК для половодья и межени простейшей периодической кусочно-линейной функцией, определяемой всего 3 параметрами: амплитудой (A), периодом (P) и начальной точкой (O, любой точкой на графике, когда значение аппроксимирующей функции принимает минимальное значение, т.е. $= -A$). Нормированная РИК для всего года должна быть получена путем суммирования для каждой конкретной точки значений нормированных РИК притока за половодье и за межень, умноженных на весовые коэффициенты:

$$y_{\text{год}} = (y_{\text{пол}} * V_{\text{пол}} + y_{\text{меж}} * V_{\text{меж}}) / V_{\text{год}} \quad (1)$$

где $y_{\text{год}}$, $y_{\text{пол}}$, $y_{\text{меж}}$ – значения нормированных РИК для года, половодья и межени соответственно; $V_{\text{год}}$, $V_{\text{пол}}$, $V_{\text{меж}}$ – норма притока в водохранилища каскада для года, половодья и межени соответственно.

В результате выполненного подбора были получены следующие значения параметров периодических функций для половодья, межени и года, а также уточнены нормы объемов притока за те же периоды (табл.).

Таблица
Значения параметров периодических функций для половодья, межени и года

Период\параметр	A	P, лет	O, год	V, км ³
Половодье	0.86	52	1977	156
Межень	1.72	52	1982	108
Год	1.03	52	1982	264

Полученные теоретические функции, аппроксимирующие нормированные разностные интегральные кривые притока воды в водохранилища Волжско-Камского каскада, представлены на рисунке 3.

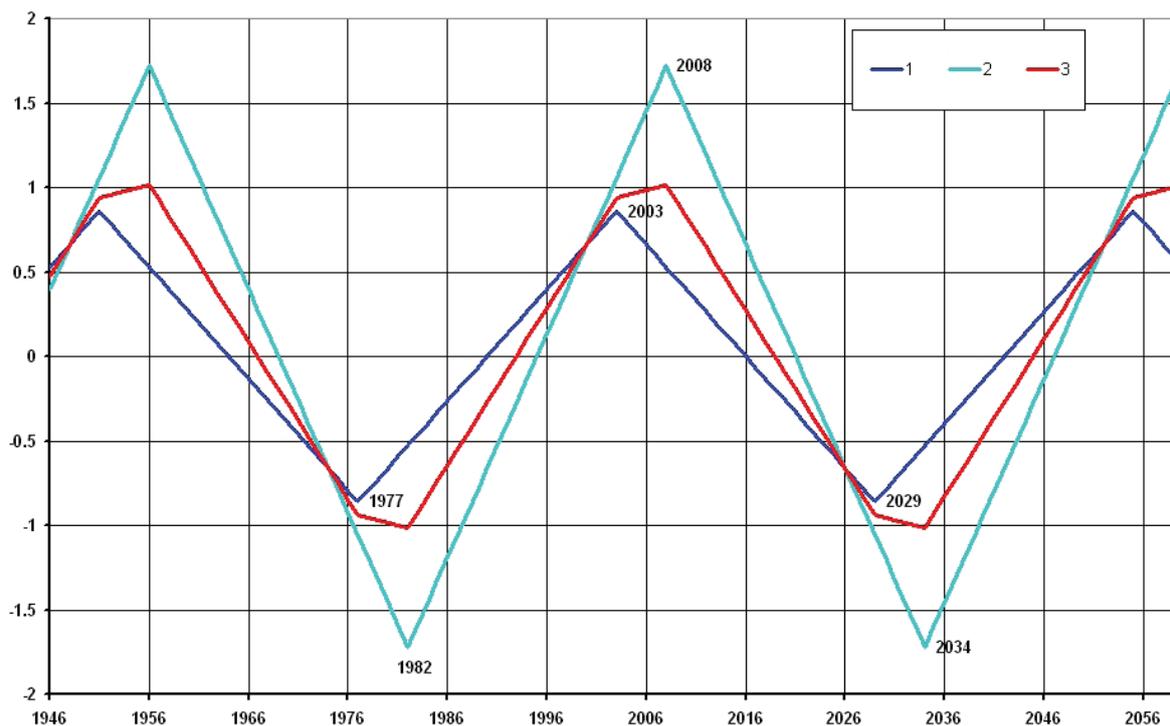


Рис. 3. Теоретические нормированные разностные интегральные кривые суммарного притока воды в водохранилища Волжско-Камского каскада за год, за половодье и за межень за период 1946-2060 гг. (1 – половодье, амплитуда = 0,86; 2 – межень, амплитуда = 1,72; 3 – год, амплитуда = 1,03)

Совмещение фактических и теоретических нормированных РИК за период с 1959 по 2029 гг. приведено на рисунке 2.

На рисунке 4 совмещены теоретические кривые изменения объемов притока за половодье, межень и год, соответствующие полу-

ченным теоретическим нормированным РИК (рис. 3), графики фактических объемов притока, графики усредненных по фазам пониженной и повышенной водности фактических объемов притока, а также линейные тренды фактических притоков за период с 1959 по 2012 гг.

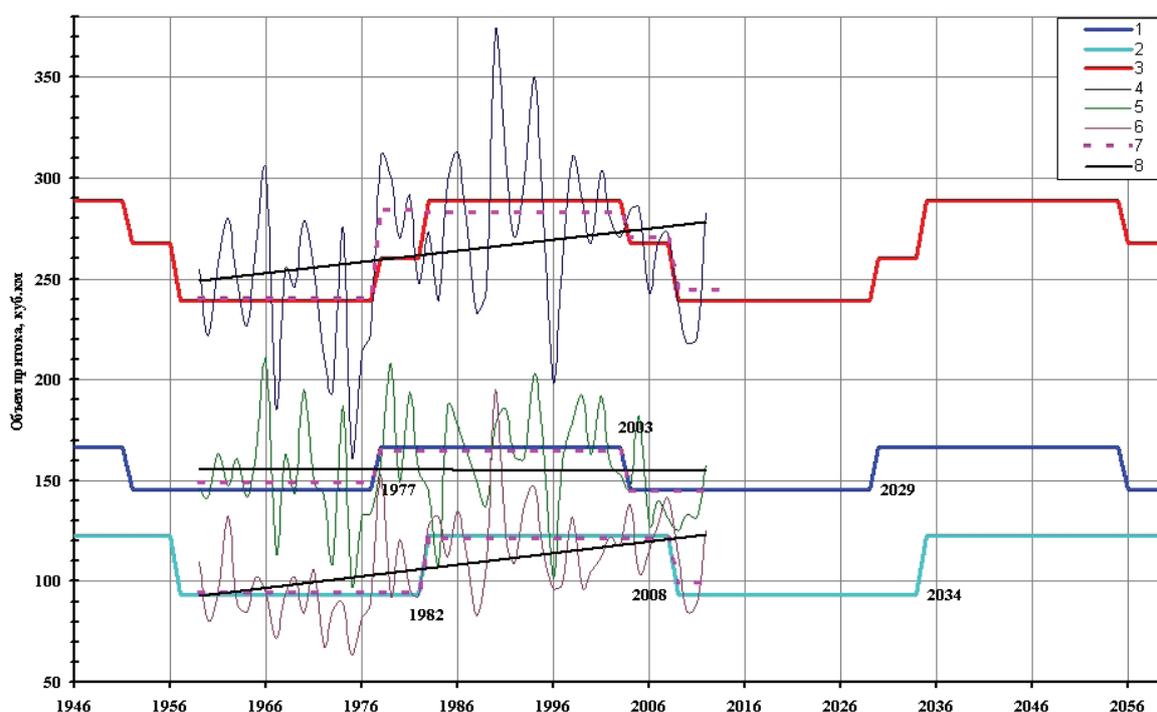


Рис. 4. Объемы суммарного притока воды в водохранилища Волжско-Камского каскада за год, за половодье и за межень (теоретические: 1 – половодье, 2 – межень, 3 – год; фактические: 4 – половодье, 5 – межень, 6 – год, 7 – осредненные по периодам, 8 –линейные тренды)

Из совмещенного рисунка следует, что графики усредненных по фазам водности объемов притока воды за половодье и за межень практически полностью совпадают с соответствующими теоретическими кривыми. Максимальное отклонение имеет место по половодью для маловодной фазы 1952-1977 гг. и составляет около 2% ($3,3 \text{ км}^3$) от теоретического значения ($145,7 \text{ км}^3$). Но в этом случае нужно иметь в виду, что фактические данные за значительную часть (почти 1/3) этого периода отсутствуют.

График усредненного по фазам водности объема притока воды за год имеет более существенное отклонение от теоретической кривой в переходный между фазами период с 1978 по 1982 гг. Положительное отклонение для этого периода составляет около 9% (24 км^3) от теоретического значения ($260,0 \text{ км}^3$). Следует отметить, что в последующую фазу повышенной водности (1983-2003 гг.) отклонение имеет отрицательный знак и составляет менее 2% ($5,4 \text{ км}^3$) от теоретического значения ($288,6 \text{ км}^3$). Но самое интересное заключается в том, что если объединить рассматриваемый переходный период и фазу повышенной водности, то средние величины притока за период с 1978 по 2003 гг., полученные по фактическим данным и по теоретической кривой, со-

впадут почти абсолютно (разница составит всего лишь около $0,2 \text{ км}^3$).

Что касается следующего перехода годового притока с фазы повышенной водности на фазу пониженной водности (2004-2008 гг.), то здесь осредненное фактическое значение объема притока практически совпало с теоретическим значением ($270,7 \text{ км}^3$ и $268,0 \text{ км}^3$, 1% разницы).

Таким образом, из проведенного анализа можно сделать однозначное заключение о том, что предложенные теоретические кривые изменения суммарного притока воды к водохранилищам каскада как по сезонам, так и по году в целом, весьма точно аппроксимируют фактические изменения этого притока за весь период существования каскада (с 1959 по 2012 гг.).

На рисунке 4 представлены линейные тренды изменения притока воды к водохранилищам каскада, построенные по фактическим данным за 54 года. Если смотреть на эти тренды, то можно прийти к тем же выводам (с теми же процентами), что и в большинстве исследований, т.е. рост годового притока на 10%, рост меженного притока на 30% и практическое отсутствие изменения (едва заметное снижение) половодного притока. Продолжая эти тренды на 40-50 лет вперед, получим дальнейшее «повышение водности

и водообеспеченности» на 10-20%. Рассмотрим тренды по выделенным по предложенному подходу фазам водности.

На рисунке 5 представлены тренды изменения объемов притока за полную фазу повышенной водности для года (1981-2006), половодья (1978-2003) и межени (1983-2008).

Как следует из рисунка, в рассматриваемые периоды, совпадающие, по мнению большинства ученых, с периодом наибольшего изменения водности в бассейне Волги на самом деле никаких значимых трендов ее изменения не наблюдается.

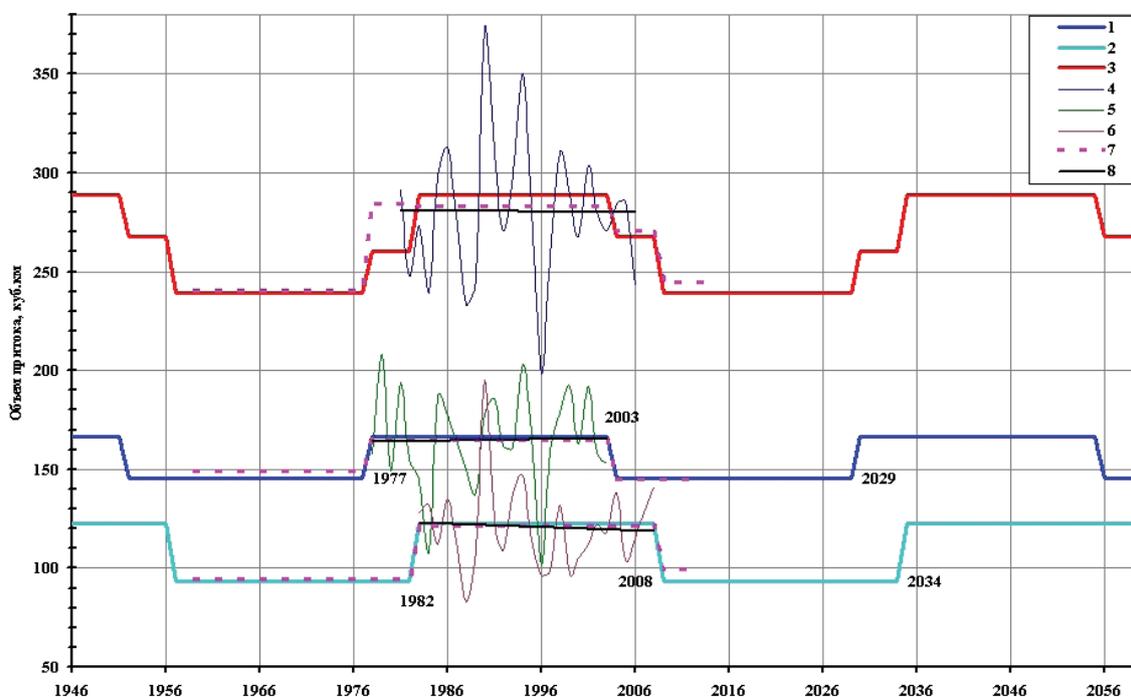


Рис. 5. Линейные тренды изменения суммарного притока воды в водохранилища Волжско-Камского каскада за год, половодье и межень в период повышенной водности

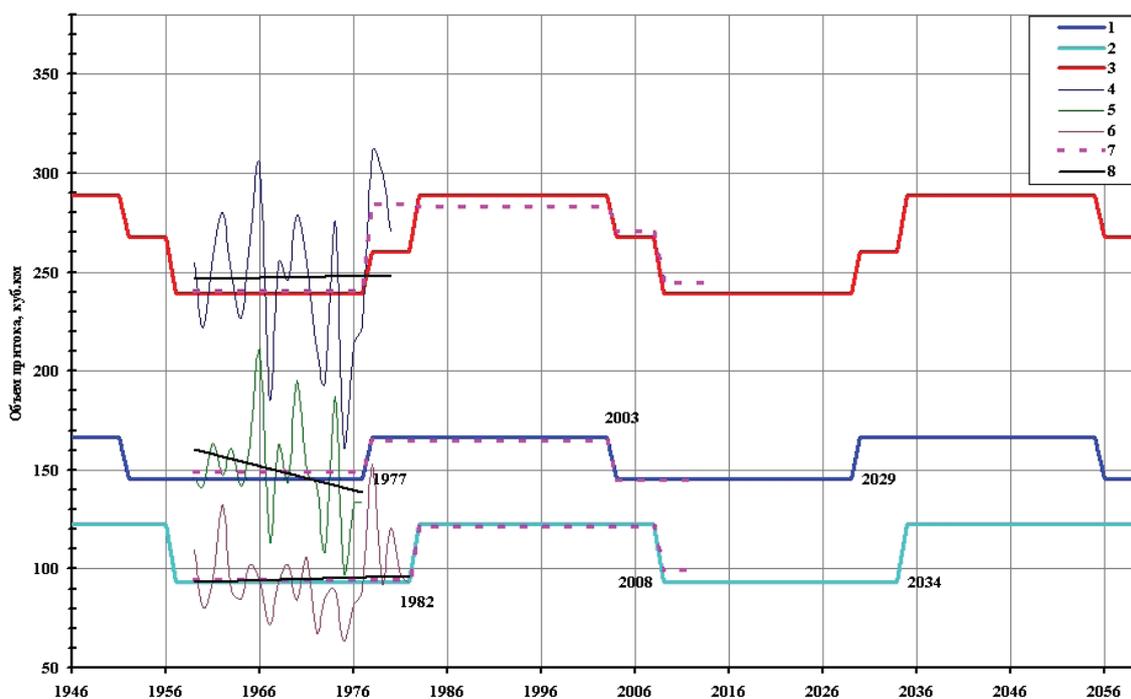


Рис. 6. Линейные тренды изменения суммарного притока воды в водохранилища Волжско-Камского каскада за год, половодье и межень в период пониженной водности

На рисунке 6 представлены тренды изменения объемов притока за неполную фазу пониженной водности для года (1959-1980), половодья (1959-1977) и межени (1959-1982).

На рисунке 6 для года и для межени, так же, как и при рассмотрении фазы повышенной водности, никаких значимых трендов изменения водности не наблюдается. Отчетливый тренд снижения наблюдается для половодья, однако, как уже отмечалось, имеющиеся данные неполностью охватывают рассматриваемую фазу пониженной водности, и для половодья этот «дефицит» данных наиболее значителен (1/3 периода). Вероятнее всего, добавка данных «выпривит» и этот тренд.

На основании вышеизложенного можно заключить, что:

1. Использование линейных трендов изменения притока воды в водохранилища Волжско-Камского каскада на основе фактических данных за весь период его существования, хотя и соответствует широко признанному подходу, не соответствует действительности и ведет к ложным выводам.

2. В пределах выделяемых в соответствии с предложенным подходом фаз (периодов) повышенной и пониженной водности рисуемые линейные тренды показывают фактическое отсутствие в течение этих периодов каких-либо значимых тенденций изменения водности.

3. Изменения водности носят периодический и скачкообразный характер. Изменения характеристик притока с повышенной на пониженную, и наоборот, имеют место каждые 26 лет и хорошо описываются предложенными периодическими функциями.

В заключение рассмотрим, как фактически развивалась гидрологическая обстановка за последнее десятилетие и насколько она соответствовала более ранним официальным прогнозам (находившимся в общепринятом «тренде») и оценкам, получаемым при изложенном альтернативном методическом подходе.

В 2005 г. Росгидрометом был выпущен стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2010-2015 гг. [3]. В разделе «Гидроэнергетика» (с. 14) указывалось: «На 10-20% прогнозируется увеличение среднегодового притока к водохранилищам Волжско-Кам-

ского каскада». В разделе «Водопользование и водопотребление» указывалось, по отношению к какому периоду даны оценки: «Все оценки прогнозируемых изменений гидрологических характеристик... приводятся в процентах или в количественных показателях по отношению к средним значениям, отмечавшимся на конец XX в.; оценка изменений водообеспеченности населения... дается по отношению к современному периоду (2002-2005 гг.)».

На конец XX в., т.е. с 1978 по 2001 гг., среднемноголетний объем суммарного годового притока воды к водохранилищам Волжско-Камского каскада составил 284 км³, а за 2002-2005 гг. – 280 км³. Таким образом, в количественных показателях прогнозировался суммарный годовой приток к водохранилищам каскада в 2010-2015 гг. в пределах **308-336 км³**.

В соответствии с разностной интегральной кривой, представленной на рисунке 1 (2006 г.), за 2010-2015 гг. среднегодовой суммарный приток в водохранилища каскада оценивался в **248 км³**. В 2011 г. в рамках подготовки к Совещению по вопросам развития водного хозяйства Волги, проводившемуся под руководством Президента Российской Федерации 17 августа 2011 г. в Астрахани, разностная интегральная кривая была уточнена с учетом прошедших лет, и оценка среднего за 2010-2015 гг. годового притока составила **243 км³**.

По факту (по данным гидрометеорологических бюллетеней Росгидрометцентра), с 2010 по 2015 гг. в среднем за год к водохранилищам Волжско-Камского каскада притекало **247 км³**.

Интегральный «недобор» притока относительно исходного значения нормы (265 км³) (рис. 1)* с 2006 по 2015 гг. должен был составить около **153 км³**. По факту, относительно уточненного значения нормы (264 км³ (табл.), он составил **138 км³**, или **148 км³**, относительно первоначального значения нормы на 2006 г.

Актуализированная по состоянию на 1 января 2016 г. разностная интегральная кривая представлена на рисунке 7.

*Последнее официальное значение среднегодового суммарного притока воды в водохранилища Волжско-Камского каскада, определенное по расчетному периоду 1915-1995 гг., составляет 257 км³ [4].

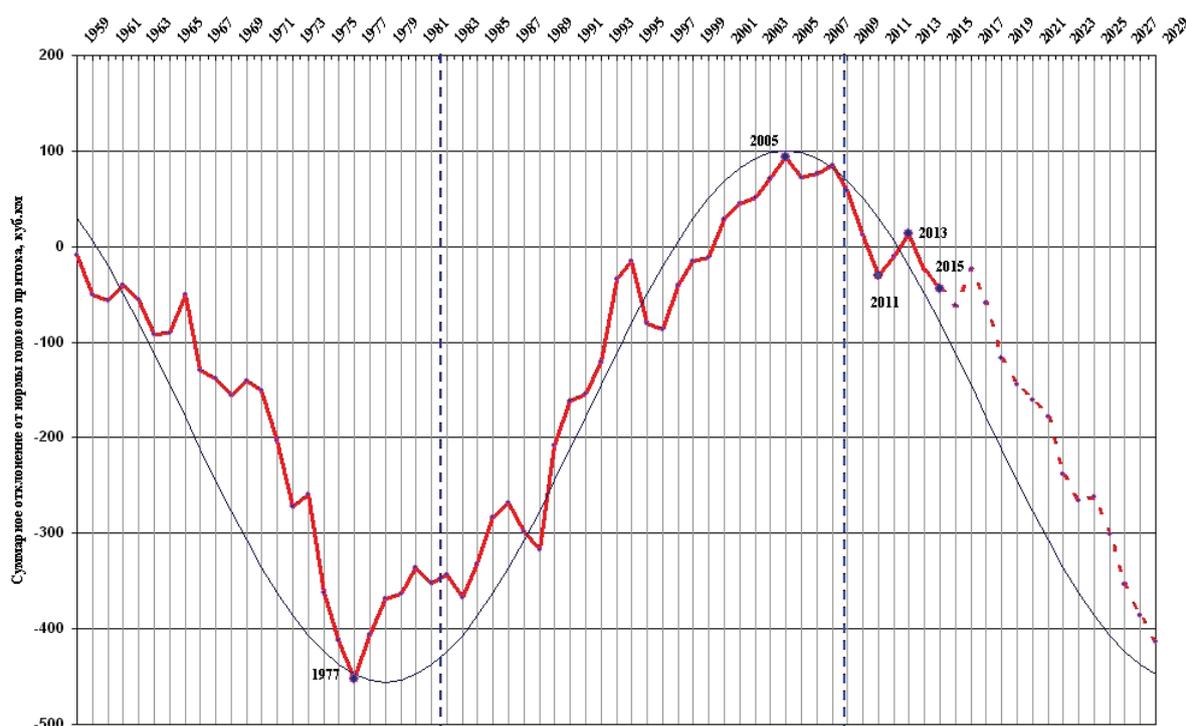


Рис. 7. Разностная интегральная кривая годового притока воды в водохранилища Волжско-Камского каскада за период 1959-2015 гг. и оценка до 2029 г. (при норме 264 км³)

Выводы

1. Господствующее в настоящее время мнение о существенном в ближайшие десятилетия (до 10-20%) повышении водности в бассейне р. Волги (приточности в водохранилища Волжско-Камского каскада), обусловленном якобы глобальными изменениями климата, в корне неверно. Оно просто дезориентирует органы власти и хозяйствующие субъекты, фактически нацеливая их на неверный выбор состава мероприятий, компенсирующих ожидаемые изменения природной среды (водности). В перспективе ближайших 10-15 лет неверный выбор компенсационных мероприятий может привести к многомиллиардным потерям для экономики страны.

2. Предложенная по результатам проведенной работы модель периодического (циклического) изменения приточности к водохранилищам Волжско-Камского каскада позволяет дать максимально точные как по объему ожидаемого притока, так и по временным периодам, количественные оценки. На основе предложенной модели может быть разработана методика долгосрочной, от года и более, оценки (прогноза) ожидаемого притока воды в водохранилища каскада как по году в целом, так и по сезонам.

3. В настоящее время (с 2009 г.) бассейн р. Волги вступил в фазу пониженной водности. В период с 2009 по 2029 гг. среднегодовой объем притока воды в водохранилища каскада составит 239 ± 5 км³ (а с учетом уже прошедших лет, в период с 2013 по 2029 гг. — 238 ± 5 км³). Всего за этот период каскад «недополучит» около 530 км³ воды при норме годового притока 264 км³ (к 2016 г. «дефицит» составил 138 км³).

Библиографический список

1. Джамалов Р.Г., Фролова Н.Л., Кричевец Г.Н., Сафронова Т.И., Киреева М.Б., Игонина М.И. Формирование современных ресурсов поверхностных и подземных вод Европейской части России // Водные ресурсы. — 2012. — Т. 39. № 6. — С. 571-589.
2. Беднарук С.Е. Изменчивость притока к водохранилищам Волжско-Камского каскада гидроузлов: природная цикличность и влияние изменений климата // Гидрологические последствия изменений климата: Труды Британско-Российской конференции. — Барнаул: Изд-во ООО «Пять плюс», 2009. — 210 с.
3. Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2010-2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России / Федеральная служба

по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Москва, 2005.

4. Государственный водный кадастр. Многолетние характеристики притока воды, ледовых явлений и толщины льда крупнейших озер и водохранилищ России. – СПб.: Гидрометеоздат, 2002.

Материал поступил в редакцию 04.09.2016 г.

Сведения об авторе

Беднарук Сергей Евстафьевич, начальник Информационно-аналитического центра регистра и кадастра; ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: +7 (495) 651-95-98; e-mail: sebed@vodinfo.ru

S.E. BEDNARUK

Federal state budget educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev»

ALTERNATIVE ASSESSMENT OF THE CHARACTER OF CHANGES OF THE WATER CONTENT OF THE VOLGA RIVER BASIN INTO THE RESERVOIRS OF THE VOLGA – KAMA CASCADE

The problem of occurring and possible in the near decades changes of global climatic characteristics supposedly connected with the homogenous activity results has drawn a broad resonance. The investigations carried out by means of various methods during the last years in vast majority cases came to the conclusion that in near decades the water content in the Volga river basin will grow. The work proposes an alternative approach to the assessment of the total water inflow into reservoirs of the rivers Volga and Kama. Instead of the widely used trends of changes of water content of rivers of the Volga-Kama basin there are used difference integral curves of the total water inflow to the reservoirs of the Volga-Kama cascade. On the basis of the analysis of the difference integral curve of total water inflow to the reservoirs of the Volga-Kama cascade for 1959-2005 the years at the end of the 2005 year there was made a conclusion about the periodical character of the change of total water inflow to the reservoirs of the cascade. In 2012-2013 there were proposed theoretical difference integral curves of total water inflow for the year, high water and low water, their parameters were determined. According to the received theoretical curves there was given an assessment of the change of the total inflow for the period 2010-2015 received using the developed approach in 2006 and official strategic prognosis of Roshydromet of the 2005 year with factual values of the total inflow to the reservoirs of the cascade for the indicated period. There was shown a degree of correspondence of the assessment to the fact obtained according to the proposed approach as opposed to the official strategic forecast.

Basin of the river Volga, water inflow, reservoirs of the Volga-Kama cascade, integral difference curve, low water, high water, prognosis of the flow.

References

1. Djamalov R.G., Frolova N.L., Krichevets G.N., Safronova T.I., Kireeva M.B., Igonina M.I. Formirovanie sovremennyh resursov poverhnostnyh i podzemnyh vod Evropejskoj chaste Rossii // Vodnye resursy. – 2012. – Т. 39. № 6. – С. 571-589.

2. Bednaruk S.E. Izmenchivostj pritoka k vodohranilishcham Volzhsko-Kamskogo gidrozlov: prirodnyaya tsiklichnostj i vliyanie izmenenij climate // Hidrologicheskie posledstviya izmenenij climate: Trudy Britanskoro-Rossijskij konferentsii. – Barnaul: Izd-vo OOO «Pyatj plyus», 2009. – 210 s.

3. Strategicheskij prognoz izmenenij climate Rossijskoy Federatsii na period do 2010-2015 gg. i ih vliyanija na otrasli ekonomiki Rossii / Federaljnaya sluzhba po gidro-

meteorologii i monitoring okruzhayushchej sredy (Rosgidromet), Moscow, 2005.

4. Gosudarstvenny vodny cadastre. Многолетние характеристики притока воды, ледовых явлений и толщин льда крупнейших озер и водохранилищ России. – СПб.: Гидрометеоздат, 2002.

The material was received at the editorial office
04.09.2016

Information about the author

Bednaruk Sergej Evstafjevich, head of the Information-analytical center of register and cadaster; FSBEI HE «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev» 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49, tel.: +7 (495) 651-95-98; e-mail: sebed@vodinfo.ru

УДК 502/504:627.8

С.Е. БЕДНАРУК, Н.А. ДИЛЬМАН, Е.М. КЛЕНОВ, В.В. ЧУКАНОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; Информационно-аналитический центр регистра и кадастра, г. Москва

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОМОГРАММ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕМОВ В ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО КАСКАДА ВОДОХРАНИЛИЩ

Приведена информация о разработанной имитационной модели функционирования водохранилищ Волжско-Камского каскада, учитывающей динамику движения водных масс. Указанная модель предназначена для получения более детальных результатов расчетов по сравнению с программным комплексом VOLPOW, который используется на протяжении последних 25 лет при планировании режимов работы крупнейших в России каскадов водохранилищ. Принцип действия модели основан на решении уравнения водного баланса на отдельных участках водохранилищ, для расчета уровней и расходов воды на границах участков используются номограммы динамических объемов. В настоящее время имитационная модель реализована в виде компьютерной программы, созданной на алгоритмическом языке FORTRAN. В дальнейшем планируется её интеграция с программным комплексом VOLPOW. В статье приведены результаты тестовых расчетов ежедневных уровней воды в Ивановском и Угличском водохранилищах. Выполнено сравнение расчетных уровней воды по длине водохранилищ с фактическими уровнями, а также с уровнями воды, рассчитанными с помощью «строгой» гидродинамической модели, основанной на решении системы уравнений Сен-Венана. По всем показателям качества моделирования разработанная имитационная модель оказалась не хуже, чем «строгая» гидродинамическая модель, а по некоторым показателям, например, быстродействию, существенно её превзошла. Модель может быть использована для выполнения водохозяйственных, водноэнергетических и гидравлических расчетов при оперативном планировании режимов работы гидроузлов водохранилищ и их каскадов, а также при разработке правил использования водохранилищ. Высокое быстродействие и устойчивость созданной модели позволяют использовать её для решения различных оптимизационных задач, например, обратной задачи расчета притока воды в водохранилище по известным сбросным расходам и уровням воды на водпостах.

Номограммы динамических объемов, водохранилище, Волжско-Камский каскад водохранилищ, имитационная модель, гидродинамическая модель, водохозяйственные расчеты, водноэнергетические расчеты, режимы работы водохранилищ.

Введение. На протяжении 25 последних лет для планирования режимов работы Волжско-Камского каскада водохранилищ используется программный комплекс VOLPOW, который представляет собой универсальную имитационную модель функционирования каскадов водохранилищ и водохозяйственных систем. Модель основана на решении уравнения водного баланса, для учета динамика движения воды в водохранилище используются характеристики $z_{cp} = f(Q_{сбр.}, z_{с.б.})$, где $z_{с.б.}$ – уровень воды у плотины; $Q_{сбр.}$ – сброс через гидроузел; z_{cp} – средневзвешенный уровень воды в водохранилище.

Такой подход позволяет успешно решать многие водохозяйственные задачи, в том числе такие сложные, как планирование ежегодного специального весеннего по-

пуска в низовья р. Волги. Однако существует ряд проблем, решение которых с помощью имеющейся модели сопряжено с определенными сложностями. Например, для оперативных водохозяйственных и водноэнергетических расчетов используется полезный приток в водохранилища каскада, рассчитанный по балансу по среднему уровню водохранилища, который часто имеет существенную невязку относительно притока, рассчитанного подразделениями Росгидромета по стоку впадающих в водохранилище рек. Указанная невязка может достигать весьма существенных величин как по отдельным водохранилищам (до $\pm 30\%$ расхода бокового притока), так и по каскаду в целом (до $\pm 20\%$ расхода суммарного притока). Например, в период маловодного половодья 2015 г. невязка суммарного притока воды в водохра-

нилица каскада по отдельным пентадам достигала величин от +1500 до -6200 м³/с, а по одному Чебоксарскому водохранилищу – от +300 до -1200 м³/с. В целом за период половодья 2015 г. в объеме невязка составила -12 км³, или -10% объема стока весеннего половодья (второй квартал). Естественно, что указанные величины невязок не могут быть обоснованы физически и противоречат здравому смыслу. Поскольку достоверно неизвестно, что является источником невязки (ошибки в определении среднего уровня, притока или сброса через гидроузлы), то при оперативном ведении режимов работы гидроузлов каскада приходится корректировать расходы притока и сбросов, так, чтобы расчетный режим работы гидроузлов в максимально возможной степени соответствовал фактическим показателям.

Эту задачу можно решать более корректно, если иметь модель, позволяющую рассчитывать уровни воды в заданных створах по длине водохранилища, и подбирать расходы притока к каждому из участков, заключенному между створами. Для этой цели может быть использована гидродинамическая модель с распределенными параметрами, реализующая численное решение системы уравнений Сен-Венана. Такие мо-

дели обладают высокой детализацией результатов расчетов в части уровней и расходов воды по длине водохранилища. Однако их разработка достаточно трудозатратна и требует большого объема морфометрической и гидравлической информации. Кроме того, существующие программные комплексы, например, MIKE11 и HEC-RAS, не позволяют задавать режим работы водохранилища в виде диспетчерского графика и рассчитывать энергетические показатели работы ГЭС. Недостаточное быстродействие этих программ даже на современных персональных ЭВМ ограничивает возможность их использования в оптимизационных процедурах.

Альтернативой моделям с распределенными параметрами является имитационная модель, где водохранилище разбивается на несколько участков. Границы участков проходят в створах, в которых требуется рассчитать уровень или расход воды. Для каждого участка строится номограмма динамических объемов, под которой понимается семейство кривых, связывающих объем воды на участке водохранилища с расходом и уровнем воды в замыкающем створе $W=f(Q, z)$. Пример такой номограммы показан на рисунке 1.

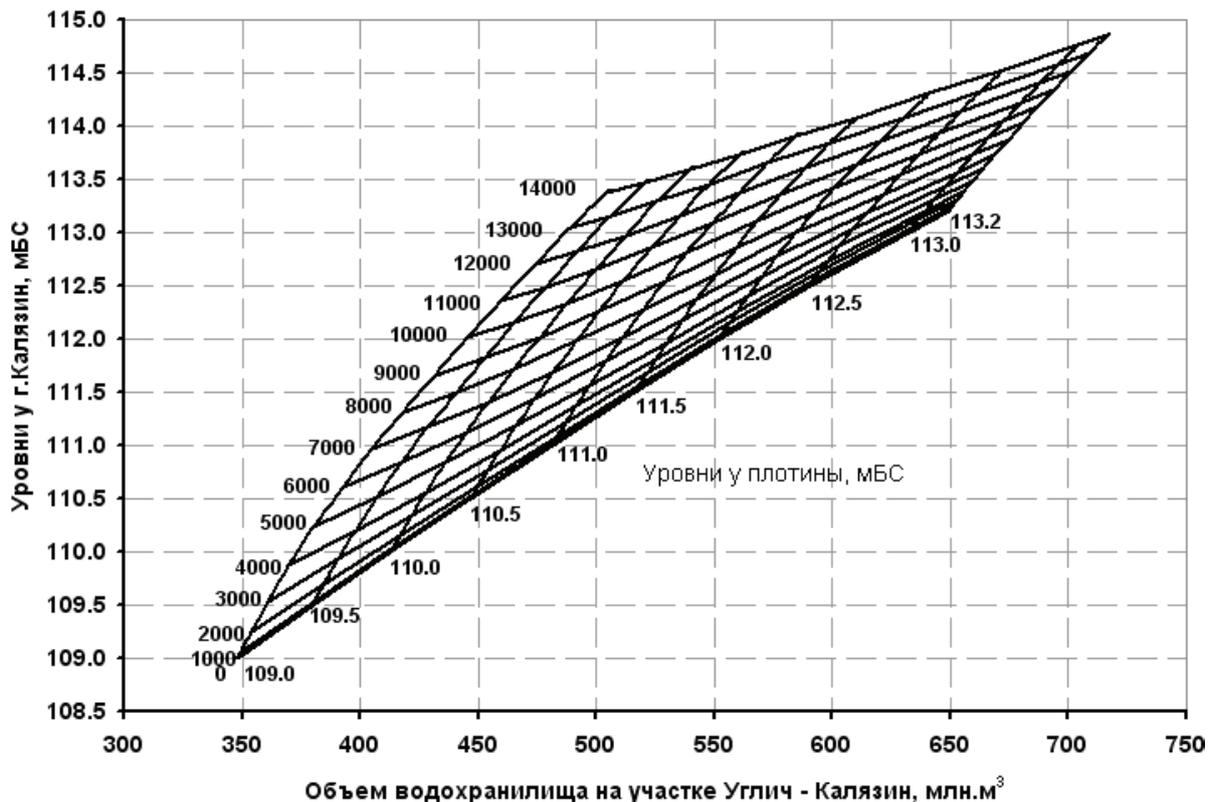


Рис. 1. Номограмма динамических объемов Угличского водохранилища на участке г. Углич – г. Калязин

Материалы и методы. В 2015 г. Информационно-аналитическим центром регистра и кадастра ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в рамках работ по созданию информационной системы «Диспетчерский центр» для нужд ПАО «РусГидро» была начата модернизация гидравлического блока программного комплекса VOLPOW для возможности выполнения водохозяйственных и водноэнергетических расчетов на основе номограмм динамических объемов. Далее дается краткое описание принципов работы модернизированного программного обеспечения (далее – модель) и результатов его тестирования.

Использование кривых $W = f(Q, z)$ в виде, представленном на рисунке 1, потребу-

ет применения специальных интерполяционных процедур, что, очевидно, существенно сократит быстродействие модели. Многомерное представление кривых затрудняет их корректировку при калибровке модели. Для увеличения быстродействия модели и упрощения её калибровки номограммы вида $W = f(Q, z)$ преобразуются в кривую статических объемов воды на участке $W = f(z)$ и серию кривых связи между расходом воды и превышением уровня воды во входном створе $Dz' = f(Q')$ и падения в замыкающем створе $Dz'' = f(Q'')$ относительно среднего уровня на участке при $W = const$. Пример такой серии кривых для участка Иваньковского водохранилища от устья р. Шоши до плотины представлен на рисунке 2.

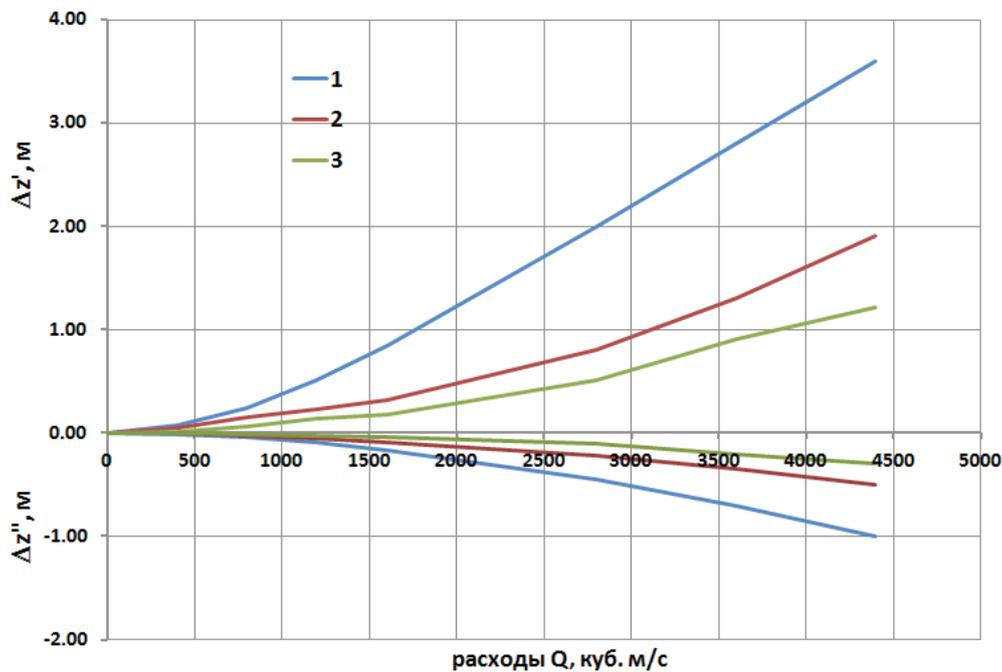


Рис. 2. Кривые превышения Dz' и падения Dz'' уровня воды относительно среднего уровня на участке Иваньковского водохранилища от устья р. Шоши до плотины для объемов воды на участке: 1-300 млн м³, 2-400 млн м³, 3-600 млн м³

В основе алгоритма лежит решение уравнения водного баланса для каждого из участков, на которые разбито водохранилище, при условии, что на границах участков (в узлах модели) сумма притекающих расходов должна быть равна сумме вытекающих расходов.

Верхними граничными условиям являются гидрографы притока на верхней границе первого участка $Q'_i(t)$ сосредоточенного бокового притока в i -й узел $Q'_i(t)$, распределенного бокового притока к i -му участку $Q^{бок}_i(t)$. В качестве нижнего граничного

условия может использоваться кривая расходов $Q = f(z)$ или диспетчерский график работы гидроузла $Q = f(z, t)$. На всех границах участков должны быть заданы начальные уровни (объемы) и расходы воды.

Расход воды в нижнем сечении i -го участка в j -й интервал времени Q''_{ij} рассчитывается по уравнению водного баланса:

$$Q''_{ij} = Q'_{ij} + Q^{бок}_{ij} \pm DW/Dt \pm SDQ_{ij} \quad (1)$$

где $Q^{бок}_{ij}$ – боковой приток на участке; $DW = W^k_{ij} - W^n_{ij}$ – изменение объема на участке за интервал регулирования Dt ; SDQ_{ij} – сумма потерь воды.

Зная расходы в верхнем Q'_{ij} и нижнем Q''_{ij} створе участка, по кривым $Dz' = f(Q')$ и $Dz'' = f(Q'')$ рассчитываются превышение и падение уровня воды относительно среднего уровня на участке. Уровни воды на верхней z'_{ij} и нижней z''_{ij} границе участка рассчитываются по формулам:

$$z'_{ij} = z^{cp}_{ij} + Dz'_{ij}, \quad (2)$$

$$z''_{ij} = z^{cp}_{ij} - Dz''_{ij}, \quad (3)$$

где z^{cp}_{ij} – средний уровень воды на участке, вычисленный по статической кривой объемов $W = f(z)$ и известному конечному объему воды на участке; Dz'_{ij} – превышение уровня воды на верхней границе относительно среднего; Dz''_{ij} – падение уровня воды на нижней границе относительного среднего.

Для обеспечения равенства уровней воды на соседних границах участков и выполнения баланса расходов в узлах модели разработан оригинальный итерационный алгоритм, основанный на двойной прогонке.

Результаты и обсуждение. Описанная модель реализована в виде компьютерной программы, созданной на алгоритмическом языке FORTRAN. С целью её дальнейшей интеграции с программным комплексом VOLPOW основной расчетный модуль выполнен в виде статической библиотеки.

В настоящее время разработаны и откалиброваны модели 10 водохранилищ Волж-

ско-Камского каскада (Иваньковского, Угличского, Горьковского, Чебоксарского, Куйбышевского, Саратовского, Волгоградского, Камского, Воткинского, Нижнекамского).

Номограммы динамических объемов Иваньковского, Угличского Камского, Воткинского и Нижнекамского водохранилищ разрабатывались с использованием гидродинамической модели в соответствии с предложенной ранее методикой [1]. Также методика построения номограмм динамических объемов имеется в известной монографии [2]. Для остальных водохранилищ использовались номограммы, разработанные генеральными проектировщиками.

Тестирование моделей и калибровка их параметров осуществлялись для периодов весеннего половодья и осенних паводков. Для водохранилищ на р. Волге были выполнены расчеты по данным 2005, 2009, 2012 и 2013 гг. Камские водохранилища калибровались по данным 2002, 2007, 2015 гг.

На рисунке 3 показаны результаты верификационного расчета для Иваньковского, выполненного за период апрель-май 2009 г. На рисунке 3 даны результаты расчета для Угличского водохранилища за тот же период. Там же показаны расчетные уровни воды, полученные с помощью гидродинамической модели, разработанной в программе НЕС-RAS Корпуса военных инженеров Армии США.

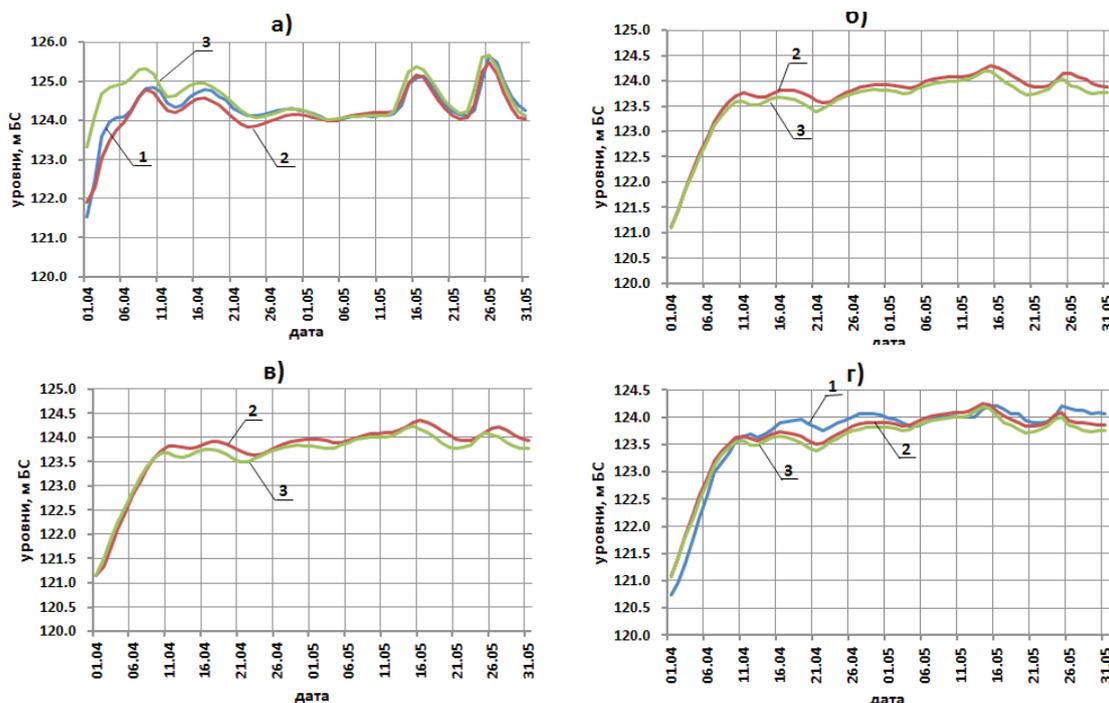


Рис. 3. Уровни воды в Иваньковском водохранилище в апреле-мае 2009 года: 1 – фактические; 2 – рассчитанные на имитационной модели; 3 – рассчитанные в НЕС-RAS, в створах: а) – г. Тверь, б) – г. Конаково, в) – с. Безбородово, г) Иваньковской ГЭС, в.б.

Граничные условия для обеих моделей были приняты одинаковыми. Приток воды в Ивановское и боковой приток Угличское водохранилище задавался из условия равенства его объема полезному притоку, рассчитанному по уравнению водного баланса.

На нижних границах моделей задавались соответствующие фактические сбросы.

На рисунках 3 и 4 видим, что расчетные уровни воды, полученные как на гидродинамической модели, так и на имитационной модели, очень хорошо совпадают с измеренными.

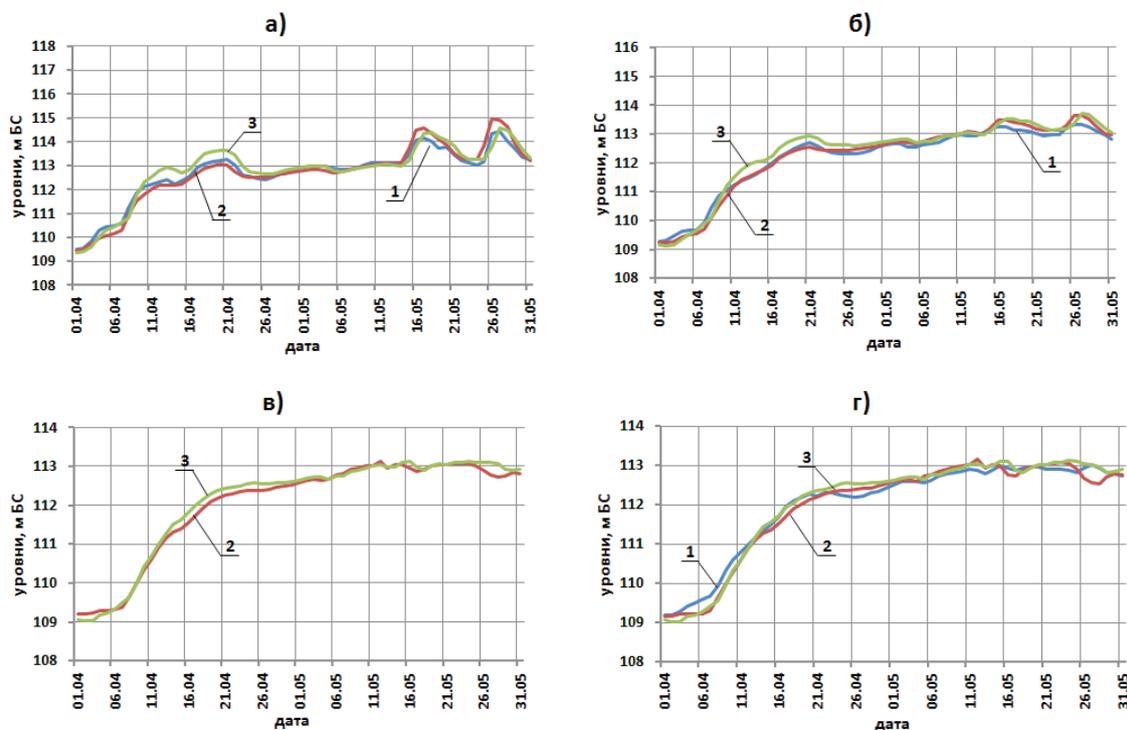


Рис. 4. Уровни воды в Угличском водохранилище в апреле-мае 2009 года: 1 – фактические, 2 – рассчитанные на имитационной модели, 3 – рассчитанные в HEC-RAS, в створах: а) – Ивановская ГЭС, н.б., б) г. Кимры, в) г. Калязин, г) Угличская ГЭС, в.б.

Значения формальных критериев, характеризующих качество разработанной модели, критерия Нэша-Сатклиффа (R^{N-S}), коэффициента детерминации (R^2) и среднего абсолютного отклонения ($D\bar{y}$), приведены в таблице. Анализ критериев показывает, что только в нижнем бьефе Ивановского гидроузла (Дубна (н.б.)) гидродинамическая

модель имеет однозначно лучшие величины R^{N-S} и R^2 . В остальных створах критерии R^{N-S} и R^2 выше для расчетов, выполненных с помощью имитационной модели. Среднее абсолютное отклонение, которое имеет большее практическое значение, чем критерии R^{N-S} и R^2 , по модулю во всех створах меньше для имитационных расчетов.

Таблица

Показатели качества расчета уровней воды в створах Ивановского и Угличского водохранилищ

Показатель	Ивановское вдхр.		Угличское вдхр.		
	Тверь	Дубна (в.б.)	Дубна (н.б.)	Кимры	Углич
Расчет, выполненный на имитационной модели					
R^{N-S} , о.е.	0,882	0,947	0,873	0,973	0,981
R^2 , о.е.	0,960	0,985	0,943	0,990	0,994
$\Delta\bar{y}$, м	0,11	0,05	-0,15	-0,07	0,01
Расчет, выполненный на гидродинамической модели					
R^{N-S} , о.е.	0,392	0,869	0,944	0,952	0,976
R^2 , о.е.	0,741	0,977	0,984	0,992	0,996
$\Delta\bar{y}$, м	-0,23	0,18	-0,18	-0,16	-0,04

Выводы

1. Разработана и реализована в виде компьютерной программы имитационная модель функционирования водохранилища, позволяющая рассчитывать уровни воды в створах, расположенных по длине водохранилища, с помощью номограмм динамических объемов. Созданная модель по быстродействию и точности расчетов не уступает гидродинамической модели водохранилища, разработанной в программном комплексе HEC-RAS. В настоящее время модель адаптирована (подобраны параметры и разработаны рекомендации по порядку задания граничных условий) для 10 водохранилищ Волжско-Камского каскада (Иваньковского, Угличского, Горьковского, Чебоксарского, Куйбышевского, Саратовского, Волгоградского, Камского, Воткинского, Нижнекамского).

2. Модель может быть использована для выполнения водохозяйственных, водноэнергетических и гидравлических расчетов при оперативном планировании режимов работы гидроузлов водохранилищ и их каскадов, а также при разработке правил использования водохранилищ. Более детальный учет динамики водных масс по сравнению с моделью, используемой для указанных целей в настоящее время, позволит повысить качество таких расчетов.

3. Высокое быстродействие и устойчивость созданной модели позволяют использовать её для решения различных оптимизационных задач, например, обратной задачи расчета притока воды в водохранилище по известным сбросным расходам и уровням воды на водпостах.

Библиографический список

1. Дильман Н.А., Мاستрюкова А.В., Беднарк С.Е., Чуканов В.В. Построение номограмм динамического объема с использованием гидродинамического моделирования на примере Угличского водохранилища // Природообустройство. – 2015. – № 2. – С. 69-73.

2. Асарин А.Е., Бестужева К.Н. Водноэнергетические расчеты. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 224 с.

Материал поступил в редакцию 04.09.2016 г.

Сведения об авторах

Беднарк Сергей Евстафьевич, начальник Информационно-аналитического центра регистра и кадастра; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 8(495)651-95-8; e-mail: sebed@vodinfo.ru

Чуканов Виталий Викторович, кандидат технических наук, заместитель начальника Информационно-аналитического центра регистра и кадастра; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 8(495) 651-95-98; e-mail: 4yk@vodinfo.ru

Дильман Наталья Александровна, главный инженер проекта, Информационно-аналитический центр регистра и кадастра; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 8(495) 651-95-97.

Кленов Евгений Михайлович, инженер-исследователь, Информационно-аналитический центр регистра и кадастра; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 8(495) 651-95-98.

S.E. BADNARUK, N.A. DILJMAN, E.M. KLENOV, V.V. CHUKANOV

Federal state budget educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev»

USAGE OF NOMOGRAMS OF DYNAMIC VOLUMES IN THE SIMULATION MODEL OF THE VOLGA-KAMA CASCADE OF WATER RESERVOIRS

There is given information of the innovation model of reservoirs functioning of the Volga-Kama cascade taking into consideration dynamics of water masses movement. The indicated model is tended for receiving more detailed results of calculations in comparison with the software

complex VOLPOW which is used during last 25 years when planning regimes of operation of the largest reservoirs cascades in Russia. The principle of the model operation is based on the decision of the equation of water balance on separate parts of reservoirs, nomograms of dynamic volumes are used for calculation of levels and water consumption on the borders of parts. At present the simulation model is realized in the way of a computer program created on the algorithmic language FORTRAN. In future its integration is planned with a software complex VOLPOW. The article gives the results of test calculations of annual levels of water in Ivanjkovsky and Uglichesky reservoirs. Comparison of calculated water levels is fulfilled on the length of reservoirs with factual levels as well as with the water levels calculated by means of «strict» hydrodynamic model based on the decision of the Saint-Venant equation system. According to all indicators of simulation quality the developed model appeared to be not worse than «strict» hydrodynamic model, and on some indices, for example, speed performance, significantly excelled it. The model can be used for fulfillment of water economic, water energetic and hydraulic calculations at operative planning of operation regimes the of reservoir hydraulic units and their cascades, as well as when developing rules of reservoirs usage. High speed performance and stability of the created model allow using it for solving various optimized problems, for example, an inverse problem of water inflow calculation in the reservoir according to the known discharge consumptions and water levels on water posts.

Nomograms of dynamic volumes, water reservoir, Volga-Kama cascade, simulation model, hydrodynamic model, water economic calculations, water energetic calculations, regimes of reservoir operation.

Reference

1. Diljman N.A., Mastryukova A.V., Bednaruk S.E., Chukanov V.V. Postroenie nomogram dinamicheskogo objema s ispolzovaniem gidrodinamicheskogo modelirovaniya na primere Uglichsckogo vodohranilishcha // Prirodobustrojstvo. – 2015. – № 2. – S. 69-73.
2. Asarin A.E., Bestuzheva K.N. Vodoenergeticheskie raschety. – M.: Energoatomizdat, 1986. – 224 s.

The material was received at the editorial office
04.09.2016

Information about the authors

Bednaruk Cergej Evstafjevich, head of the Information-analytical center of register and cadaster; FSBEI HE «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev» 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49, tel.: +7 (495) 651-95-98; e-mail: sebed@vodinfo.ru

Chukanov Vitalij Victorovich, candidate of technical sciences, deputy head of the Information-analytical center of register and cadaster; FSBEI HE «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev» 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49, tel.: +7 (495) 651-95-98; e-mail: 4yk@vodinfo.ru

Diljman Natalya Alexandrovna, chief engineer of the project. Information-analytical center of register and cadaster; FSBEI HE «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev» 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49, tel.: +7 (495) 651-95-97;

Klenov Yevgenij Mikhailovich, engineer-researcher, Information-analytical center of register and cadaster; FSBEI HE «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev» 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49, tel.: +7 (495) 651-95-98.

УДК 502/504:628.543

С.Л. БЕЛОПУХОВ, Д.В. КОЗЛОВ, Ю.А. БАРЫКИНА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва

НОВЫЙ СОРБЕНТ (СЦЛ-1) ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Приводятся результаты испытаний нового адсорбента СЦЛ-1 для очистки воды от примесей тяжелых металлов, в частности, двухвалентных катионов меди, цинка и железа. Рассмотрено влияние температуры на сорбцию ионов при разных концентрациях исходного раствора. Установлена динамика сорбции, а с учетом зависимости скорости сорбции от температуры рассчитана кажущаяся энергия активации процесса сорбции. Показано, что адсорбент СЦЛ-1 обладает развитой микроструктурой и высокими сорбционными свойствами до 26 мг/г по отношению к ионам Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} . Установлено, что скорость сорбции ионов Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} на адсорбенте СЦЛ-1 практически не зависит от температуры в интервале 10-40°C. Величина кажущейся энергии активации процесса сорбции, рассчитанная по температурным зависимостям, составляет $25,8 \pm 3,7$ кДж/моль, что указывает на внутримолекулярный механизм процесса сорбции. Сорбент можно регенерировать растворами карбонатов щелочных металлов, после 10-кратного процесса сорбция-десорбция прочностные и сорбционные свойства адсорбента не снижаются. Адсорбент может быть использован в статических или динамических системах водоочистки от ионов тяжелых металлов. Адсорбент экологически безопасен, и после регенерации его можно использовать, например, в качестве компонента грунта.

Очистка воды, тяжелые металлы, адсорбенты, медь, цинк, железо, химический анализ.

Введение. Очистка воды от ионов тяжелых металлов, в частности, ионов меди, цинка и железа, до требуемых значений, не превышающих предельно допустимые концентрации, остается актуальной задачей. Тяжелые металлы при попадании в почву образуют лабильные комплексные соединения, которые при взаимодействии с водой могут переходить в ионную форму, затем – в сельскохозяйственные культуры, накапливаться в разных частях растения, продукции переработки растительного и животного сырья, накапливаться в организме человека. Для очистки воды от ионов тяжелых металлов в настоящее время применяют сорбционно-ионообменные методы. Исследования, проводимые в последние годы по глубокой переработке отходов растительного сырья, показали возможность создания сорбентов для очистки газовых выбросов промышленных производств [1], получения высокоэффективных сорбентов из природного сырья.

Проблема очистки сточных вод от загрязнений ионами тяжелых металлов также является актуальной для лабораторных практикумов университетов, где в качестве реагентов используют соли тяжелых металлов. Например, в учебном процессе при проведении лабораторно-практических работ

по дисциплине «Физическая и коллоидная химия» расходуется более 20 кг медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, более 16 кг железного купороса $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и более 7 кг сульфата цинка ZnSO_4 [2]. С целью снижения сбросов этих тяжелых металлов в сточные воды и канализацию в течение ряда лет на кафедре физической и органической химии проводятся работы по разработке новых адсорбентов. Предлагаемый адсорбент может быть использован в химической, нефтехимической, металлургической, текстильной отраслях промышленности и сельском хозяйстве для снижения концентрации тяжелых металлов в различных водных растворах. В то же время для сельского хозяйства областью применения адсорбента могут быть сельскохозяйственные предприятия, использующие фунгицидную обработку деревьев, кустарников и других растений медным, железным и цинковым купоросом. При этом рекомендуемое содержание в растворах катионов Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} составляет от 0,025 до 2,5 г/л, и только при однократной промывке опрыскивателя типа ОП-2000 в сточные воды попадает более 25 г по каждому из ионов. Применение, по нашему мнению, адсорбентов, которые обладают высокой сорбционной емкостью по отношению к ионам тяжелых металлов, и последующая

регенерация сорбента позволят снизить экологическую нагрузку на объекты агросферы и дополнительно получать растворы с низкой концентрацией по ионам меди, цинка и железа. Такие растворы могут быть с успехом использованы в качестве растворимых микроудобрений при подкормках различных сельскохозяйственных культур, в том числе в приусадебном хозяйстве.

Материалы и методы исследований. В качестве адсорбента для последующих испытаний нами использован адсорбент, который ранее был применен для очистки газов [1]. Адсорбент готовили путем взаимодействия влажного каолина ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) как связующего, с продуктом, получаемым при термическом разложении льняной костры в течение 40 мин при температуре 600°C . Цвет адсорбента светло-серый, стабильный при дневном свете и искусственном освещении. Соотношение между каолином и продуктом разложения льняной костры (мас., %) составляет 30-40:70-60. Сорбция и ионообменные свойства проводили по стандартным методикам [3].

Определение массовой концентрации меди в воде проводили по ГОСТ 4388-72 (Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации меди). Использовали растворы в диапазоне концентраций от 0,02 до 0,5 мг/дм³, реактив диэтилдитиокарбамат натрия, светофильтр 430 нм.

Определение массовой концентрации цинка в воде проводили дитизионовым методом (колориметрический метод) по ГОСТ 18293-72 (Вода питьевая. Методы определения содержания свинца, цинка, серебра). Чувствительность метода – 5 мкг/дм³.

Определение массовой концентрации железа в воде проводили по ГОСТ 4011-72 (Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа). Измеряли массовую концентрацию общего железа при взаимодействии ионов железа в щелочной среде с сульфосалициловой кислотой с образованием окрашенного в желтый цвет комплексного соединения. Интенсивность окраски, пропорциональную массовой концентрации железа измеряли при длине волны 400-430 нм. Диапазон измерения массовой концентрации общего железа без разбавления пробы составил 10-2,00 мг/дм³ [3].

Результаты исследований. Одной из самых затратных статей при производстве сорбентов из природных материалов,

по сравнению с синтетическими, является использование дополнительных технологических операций по химической, механической, физической, термической обработке сорбентов как в отдельности, так и в комплексе, для повышения их удельной поверхности и сорбционной емкости. Например, сорбенты на основе бентонитовой глины и опилок в течение суток обрабатывают либо кислыми реагентами, такими, как фосфорная, соляная кислоты, либо щелочными агентами: гидроксидом натрия или карбонатом натрия, – после чего в течение нескольких часов сушат при температуре не менее 150°C . Таким образом, энергетические и временные затраты на приготовление такого рода сорбентов высоки.

В нашем случае мы используем сорбент, оба компонента которого однородны, получают путем простого смешивания, не требуют дополнительной сушки перед применением. Адсорбент СЦЛ-1 при соотношении (мас.) каолин: продукт термического разложения льняной костры как 30:70 и 40:60 термостоек до 250°C , что позволяет эксплуатировать его при очистке горячих растворов.

Для оценки механизма сорбции ионов металлов на адсорбенте и установления кинетики равновесия исследовали сорбцию при разных температурах. Определение сорбционной емкости адсорбента СЦЛ-1 проводили статическим методом при температурах 20, 30 и 40°C с использованием растворов с известной концентрацией по иону в интервале 50-1000 мг-ион/л. Время сорбции составило 0,5-24 ч. Погрешность опыта не превышала 10%. Количество сорбированного иона металла рассчитывали по формуле:

$$A = \frac{(C_{\text{исх}} - C_{\text{равн}})V}{m1000}, \quad (1)$$

где A – сорбционная емкость (мг/г), $C_{\text{исх}}$; $C_{\text{равн}}$ – исходная и равновесная концентрации ионов металла в растворе соответственно (мг/л); m – масса навески сорбента (г); V – объем пробы, мл.

В исследованном интервале температур и концентраций зависимость величины A от C , где $C = C_{\text{равн}}$, хорошо описывается зависимостью

$$A = aC^3 + bC^2 + cC + d. \quad (2)$$

Установлено, что коэффициенты a и b имеют малые значения, которые в на-

ших опытах находятся соответственно в интервале $6,8-9,3 \cdot 10^{-8}$ и $0,9-2,4 \cdot 10^{-4}$. Основной вклад в изменение величины A вносит коэффициент c (0,11-0,16). Максимальная степень извлечения ионов Cu^{2+} на адсорбенте СЦЛ-1 составляет $23,6 \pm 0,9$ мг/г, что выше в 2,5 раза, чем на каолине. Для сорбции ионов цинка и железа A равна $24,8 \pm 1,1$ и $24,4 \pm 0,9$ мг/г.

Ранее было показано, что для выяснения механизма и кинетики сорбции экспериментальные данные могут быть представлены в виде зависимости $F - t$, где $F = Q_x/Q_{\max}$ – степень завершенности процесса, Q_x – емкость адсорбента по иону в момент времени t (мг/г); Q_{\max} – емкость адсор-

бента по иону в состоянии равновесия (мг/г); t – время эксперимента (мин). Далее по этим кинетическим зависимостям оценивали влияние температуры на процесс сорбции ионов из раствора [4]. Расчет кинетических кривых проводили с использованием программы MathLab 7.5.0. Установлено, что зависимость величины $F = f(t)$ хорошо описывается уравнением полинома 3-й степени:

$$F = at^3 + bt^2 + ct + d. \quad (3)$$

В таблице 1 представлены коэффициенты при каждом члене полинома для интервала 0-150 мин.

Таблица

Коэффициенты для уравнения полинома зависимости $F = f(t)$. Сорбция ионов меди

T, °K	a	b	c	d
293	$-5,6 \cdot 10^{-7}$	$9,4 \cdot 10^{-5}$	$5,1 \cdot 10^{-3}$	-0,012
303	$-2,9 \cdot 10^{-7}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$9,9 \cdot 10^{-3}$	-0,0042
313	$-2,1 \cdot 10^{-7}$	$6,8 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	-0,0088

Ранее нами было показано, что значение коэффициента c пропорционально эффективной константе скорости реакции, в нашем случае – сорбции [5, 6]. При этом из данных таблицы следует, что коэффициент c увеличивается по мере роста температуры, и, следовательно, скорость сорбции в этом случае возрастает. Величины коэффициента c для катионов Zn^{2+} , Fe^{2+} при температуре 293°С соответственно равны $5,4 \cdot 10^{-3}$ и $5,7 \cdot 10^{-3}$. Однако малая абсолютная величина коэффициента c свидетельствует, что сорбция определяется, в основном, диффузионными факторами, механизм сорбции для исследованного интервала температур практически одинаков и не может быть охарактеризован как хемосорбция. Это можно объяснить близкими значениями ионных радиусов, которые для Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} составляют соответственно $0,96 \cdot 10^{-10}$; $0,74 \cdot 10^{-10}$; $0,78 \cdot 10^{-10}$ м, а также близкими значениями радиусов гидратированных катионов. Кроме того, по этой же причине нами не отмечены существенные различия в селективности к сорбируемому ионам.

Оценка динамики сорбции до достижения равновесного состояния и диффузионного характера при сорбции катионов на адсорбенте СЦЛ-1 в исследованном интервале может быть проведена по расчету энергии активации. Энергия активации можно рассчитывать, если полученные нами экспериментальные данные представить в виде:

$$-\ln(1 - F) = Z \cdot t + B, \quad (4)$$

где Z – кажущаяся константа скорости процесса сорбции; B – коэффициент, который соответствует отрезку при пересечении графика с осью ординат.

Кажущиеся константы скорости процесса сорбции при различных температурах определяли как тангенс угла наклона полученных зависимостей, затем рассчитывали кажущуюся энергию активации сорбции по уравнению Аррениуса:

$$k = A e^{-E_a/RT}, \quad (5)$$

где k – константа скорости химической реакции при температуре T (°K); A – стерический множитель, показывающий долю наиболее эффективных (приводящих к взаимодействию) столкновений молекул реагирующих веществ; E_a – энергия активации процесса, зависящая от природы взаимодействующих частиц [6].

В логарифмических координатах уравнение Аррениуса представляет собой прямую линию, отсекающую на ординате отрезок, равный $\ln A$, где тангенс угла наклона прямой к оси абсцисс позволяет определить энергию активации:

$$\text{tg} \alpha = -E_a/R. \quad (6)$$

Подставив константы скорости процесса сорбции ионов, найденные по температурным зависимостям, можно вычислить

кажущуюся энергию активации процесса сорбции (E_a^*). В нашем случае кажущаяся энергия активации при сорбции катионов меди, цинка и железа составила $25,8 \pm 3,7$ кДж/моль.

Известно, что энергия активации диффузионных процессов обычно находится в диапазоне 10-40 кДж/моль, причем внешнедиффузионная кинетика характеризуется величинами энергии активации $E_a < 20$ кДж/моль, а внутридиффузионная – $E_a = 20-40$ кДж/моль [7]. Таким образом, полученные в наших опытах данные подтверждают преобладающее влияние внутренней диффузии гидратированных ионов на скорость сорбции на данном адсорбенте.

Таким образом, исследования сорбции двухвалентных катионов меди, цинка и железа на адсорбенте СЦЛ-1 показали, что данный сорбент с низкой стоимостью и развитой микроструктурой обладает высокими сорбционными свойствами до 26 мг/г. При этом сорбент можно регенерировать растворами карбонатов щелочных металлов, и по нашим данным, после 10-кратного процесса сорбция-десорбция прочностные и сорбционные свойства адсорбента не снижаются. Адсорбент может быть рекомендован к использованию в статических или динамических системах водоочистки от ионов тяжелых металлов. Если необходимо утилизировать адсорбент, то после регенерации его можно использовать, например, в качестве грунта.

Выводы

1. Установлено, что скорость сорбции ионов Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} на адсорбенте СЦЛ-1 практически не зависит от температуры в интервале 10-40°C.

2. Величина кажущейся энергии активации процесса сорбции, рассчитанная по температурным зависимостям, составляет $25,8 \pm 3,7$ кДж/моль, что указывает на внутридиффузионный механизм процесса сорбции.

3. Сорбционная емкость адсорбента по катионам меди, цинка и железа составляет до 26 мг/г. Сорбционные и физико-механические свойства адсорбента сохраняются при многократной регенерации.

Библиографический список

1. Белопухов С.Л., Прохоров И.С., Гришина Е.А. Высокоэффективный сорбент для поглощения диоксида углерода // *Агроэкология*. – 2014. – № 1. – С. 62-64.

2. Белопухов С.Л., Немировская И.Б., Старых С.Э., Семко В.Т., Шнее Т.В. *Физическая и коллоидная химия. Лабораторный практикум: Учебное пособие / Под общ. ред. проф. С.Л. Белопухова*. – М.: Проспект, 2016. – 240 с.

3. Белопухов С.Л. *Химическая сертификация сельскохозяйственной продукции: Учебное пособие / С.Л. Белопухов, Н.П. Буряков, Т.В. Шнее; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева*. М., 2012. 160 с.

4. Воронюк И.В., Елисеева Т.В., Черникова И.Ю., Лобова Н.А. Влияние температуры на кинетику сорбции формальдегида низкоосновным манонообменником // *Сорбционные и хроматографические процессы*. – 2011. – Т. 11. Вып. 5. – С. 679-682.

5. Шнее Т.В., Кончиц В.А., Шевченко А.А., Белопухов С.Л. Исследование коллоидно-химических свойств зональных и солонцовых почв Омской области // *Бутлеровские сообщения*. – 2010. – Т. 21. № 7. – С. 74-77.

6. Шнее Т.В., Старых С.Э., Фёдорова Т.А., Маслова М.Д., Белопухов С.Л., Шевченко А.А. Изменение физико-химических свойств почвенных коллоидов в зависимости от ионного состава почвенного поглощающего комплекса // *Плодородие*. – 2014. – № 3 (78). – С. 33-35.

7. Маслова М.Д., Шнее Т.В., Белопухов С.Л., Байбеков Р.Ф. Исследование коллоидно-химических свойств солонцовых почв физико-химическими методами // *Плодородие*. – 2014. – № 2 (77). – С. 41-43.

Материал поступил в редакцию 27.10.2016 г.

Сведения об авторах

Белопухов Сергей Леонидович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Физическая и органическая химия»; ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 8(499) 976-32-16; e-mail: belopuhov@timacad.ru

Козлов Дмитрий Вячеславович, доктор технических наук, профессор, проректор по инновационной работе, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тими-

рязева»; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 8(499) 976-29-62; e-mail: kozlovdv@rgau-msha.ru

Барыкина Юлия Александровна, аспирант кафедры «Физическая и орга-

ническая химия»; ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 8(499) 976-32-16.

S.L. BELOPUKHOV, D.V. KOZLOV, YU.A. BARYKINA

Federal state budget educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow

NEW SORBENT (SCL-1) FOR WATER TREATMENT FROM HEAVY METALS

The article presents the tests results of a new adsorbent SCL-1. The adsorbent is used to treat water from heavy metal impurities – bivalent copper, zinc and iron cations in particular. The temperature effect on the sorption of ions was studied at different initial solution concentrations. The dynamics of absorption was established, and taking into consideration a temperature dependence of the absorption rate there was calculated an apparent energy of the sorption process activation. It is shown that the adsorbent SCL-1 possesses a developed microstructure and high sorption properties up to 26 mg/g relative to the ions Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} . It is established that the speed of ions Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} does not practically depend on temperature in the range 10-40°C. The value of the apparent activation energy of the sorption process calculated according temperature dependencies is 25.8 ± 3.7 kJ/mol. which indicates to the inter-diffusion mechanism of the sorption process. The sorbent can be regenerated by solutions of alkali metal carbonates. It was found that after a 10-fold sorption – desorption process strength and sorption properties of the adsorbent do not decrease. The adsorbent can be used in static or dynamic systems of water treatment from heavy metals ions. The adsorbent is environmentally safe and after regeneration it can be used as a soil component.

Water treatment, heavy metals, adsorbents, copper, zinc, iron, chemical analysis.

References

1. Belopukhov S.L., Prohorov I.S., Grishina E.A. Vysokoeffektivny sorbent dlya pogloshcheniya dioksida ugleroda // Agroecologiya. – 2014. – № 1. – S. 62-64.

2. Belopukhov S.L., Nemirovskaya I.B., Starykh S.E., Semko V.T., Shnee T.V. Fizicheskaya I colloidnaya himiya. Laboratornyy praktikum: Uchebnoye posobie / Pod obshch. Red. Prof. S.L. Belopukhova. – M.: Prospect, 2016. – 240 s.

3. Belopukhov S.L. Himicheskaya sertifikatitsiya sel'skohozyajstvennoj productsii: Uchebnoye posobie / S.L. Belopukhov, N.P. Buryakov, T.V. Shnee; Ministerstvo sel'skogo hozyajstva Rossijskoj Federatsii, Rossijsky gosudarstvenny agrarny universitet – MSHA im. C.A. Timiryazeva, M. 2012. 160 s.

4. Voronyuk I.V., Eliseeva T.V., Chernikova I.Yu., Lobova N.A. Vliyanie temperatury na kinetiku sorbtsii formal'degida nizkoosnovny manionoobmennikom // Sorbtsionnye i hromatograficheskie protsessy. – 2011. – Т. 11. Vyp. 5. – S. 679-682.

5. Shnee T.V., Konchits V.A., Shevchenko A.A., Belopukhov S.L. Issledovanie col-

loidno-himicheskikh svoystv zonalnykh I solontsovykh pochv Omskoj oblasti // Butlerovskie soobshcheniya. – 2010. – Т. 21. № 7. – S. 74-77.

6. Shnee T.V., Starykh S.E., Fedorova T.A., Maslova M.D., Belopukhov S.L., Shevchenko A.A. Izmenenie fiziko-himicheskikh svoystv pochvennykh colloidov v zavisimosti ot ionnogo sostava pochvennogo pogloshchayushchego kompleksa // Plodorodie. – 2014. – № 3 (78). – S. 33-35.

7. Maslova M.D., Shnee T.V., Belopukhov S.L., Baibekov R.F. Issledovanie colloidno-himicheskikh svoystv solontsovykh pochv fiziko-himicheskimi metodami // Plodorodie. – 2014. – № 2 (77). – S. 41-43.

The material was received at the editorial office
27.10.2016

Information about the authors

Belopukhov Sergej Leonidovich, doctor of agricultural sciences, professor, head of the chair «Physical and organic chemistry»; FSBEI HE «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev»; 127550, Moscow, ul. Timiryazeva, 49; tel.: 8(499) 976-32-16; e-mail: belopuhov@timacad.ru

Kozlov Dmitry Vyacheslavovich, doctor of technical sciences, professor, pro-rector on innovation work, FSBEI HE «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev»; 127550, Moscow, ul. Timiryazeva, 49; tel.: 8(499) 976-29-62; e-mail: kozlovdv@rgau-msha.ru

Barykina Yulia Aleksandrovna, post-graduate student of the chair «Physical and organic chemistry»; FSBEI HE «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev»; 127550, Moscow, ul. Timiryazeva, 49; tel.: 8(499) 976-32-16.

УДК 502/504:622:574 (477.62)

Д.А. ДЖЕРЕЛЕЙ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, Украина

ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА ПРИ РЕНОВАЦИИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ДОНБАССА И ПУТИ ИХ РАЗРЕШЕНИЯ

Целью исследования является обоснование выбора оптимальных путей природообустройства при закрытии шахт Донецкого угольного бассейна. Методика исследования базируется на комплексном изучении влияния деятельности угольных шахт на экологическую обстановку в Донбасском регионе. На основе натурного обследования, архивно-библиографических и статистических данных, анализа реализованных и нереализованных проектов реконструкции исчерпавших свой ресурс угольных предприятий определяются пути их ликвидации. Выявлено, что процесс их закрытия требует больших материальных вложений и, если средств недостаточно, создает дополнительные проблемы для экологической обстановки в регионе. В то же время рациональное использование оставшегося после закрытия шахт оборудования, зданий и сооружений может способствовать решению проблем природообустройства. Дальнейшее использование уже имеющихся элементов материальной базы позволяет сохранить ранее созданные природоохранные системы и сэкономить средства для их оптимизации. В качестве перспективного направления в работе рассматривается размещение на базе недействующих или выработавших свой ресурс предприятий угольной промышленности центров хранения и обработки данных. Такой вариант реновации дает возможность максимально полно использовать имеющееся оборудование, здания и сооружения, предупредить загрязнение окружающей среды и решать проблемы природообустройства. Таким образом, угледобывающие индустриальные объекты, исчерпавшие свой ресурс, являются подготовленной промышленной основой, на которой можно создать современное рентабельное предприятие, например, ЦХОД. Шахтную промзону следует рассматривать как ценный и перспективный объект, диверсификация и реновация которого – один из наиболее коротких и эффективных путей снижения затрат на строительство и эксплуатацию новых предприятий, решения проблем природообустройства прилегающих территорий.

Реновация промышленных территорий, центры хранения и обработки данных, ЦХОД, закрытие угледобывающих предприятий, Донецкий угольный бассейн, природообустройство.

Введение. Проблема природообустройства при ликвидации угледобывающих промышленных комплексов, исчерпавших свой ресурс, является актуальной для многих регионов мира. Одним из таких регионов является Донецкий угольный бассейн, который характеризуется чрезвычайно высокой насыщенностью горнодобывающими и перерабатывающими промышленными объектами. Этот регион является также весьма густонаселенным. Так, по данным на 2012 год, на подрабатываемых шахтами территориях проживало около 20% городского населения Украины [1].

Добыча угля вызвала значительные природные нарушения в этом регионе. В первую очередь к ним относятся изменения гидродинамической структуры подземных вод, складирование огромного количества выданной на поверхность пустой породы. В массиве горных пород остались пустоты в очистных, капитальных и подготовительных выработках.

Материал и методы исследования. Методика исследования базируется на комплексном изучении влияния деятельности угольных шахт на экологическую обстановку

ку в Донбасском регионе. На основе натурального обследования, архивно-библиографических и статистических данных, анализа реализованных и нереализованных проектов реконструкции исчерпавших свой ресурс угольных предприятий определяются оптимальные пути их ликвидации. С помощью анализа приёмов реновации промышленных зон угледобывающих предприятий, известных в отечественной и зарубежной практике, выявляются тенденции, в соответствии с которыми определяются основные направления этого процесса.

Результаты и обсуждение. Проведенные нами исследования показывают, что, несмотря на отмеченные выше изменения, экосистема территорий вокруг шахт чаще всего находится в состоянии определенного равновесия. Однако в случае их закрытия появляется множество сложных, трудно разрешимых проблем, игнорирование которых может пагубно повлиять на природообустройство прилегающей местности. Их причиной прежде всего является то, что закрытие угольных предприятий весьма затратно. Оно включает в себя демонтаж оборудова-

ния, разборку линий электропередач и связи, снос зданий, герметизацию шахтных стволов, ликвидацию шурфов, стволов и водоотливов. Предусматриваются обязательные мероприятия по предотвращению взрывов и газовых выбросов, решению проблем грунтовых вод. Если это не осуществляется, неизбежно происходит оседание грунтов, формируются новые пути миграции взрывоопасных газов, нарушается экологический режим поверхностных и подземных вод. В Донбассе, например, при подъеме уровней грунтовых вод треть территории в пределах городов и сельскохозяйственных земель может быть подтопленной или затопленной (рис.). Подтопление свалок чревато перетоками химических элементов, микроорганизмов во внутренние воды. Из этого следует, что ликвидация угольных шахт требует больших расходов. Например, в среднем на ликвидацию одной шахты на Донбассе уходит 143,091 млн гривен; мероприятия по природообустройству окружающей среды оцениваются в 4,784 млн. При этом расходы на содержание ликвидированной шахты могут достигать более 1 млн гривен в месяц [2].

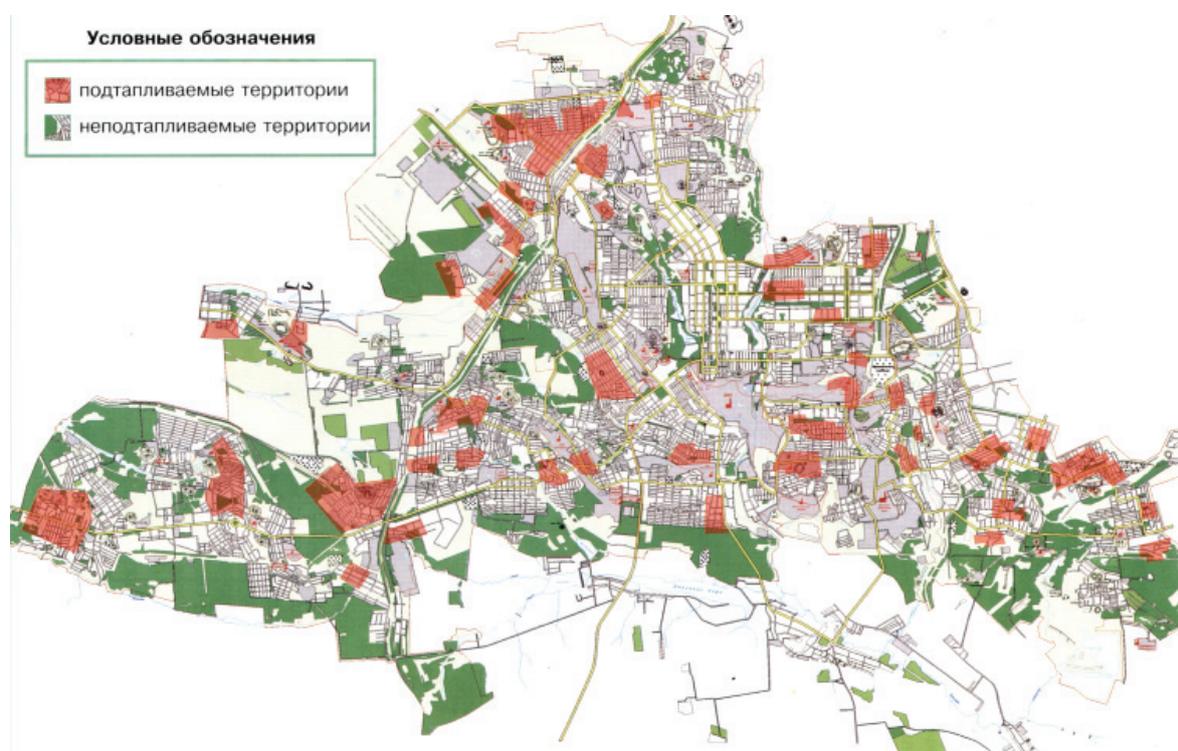


Рис. Схема размещения территорий, которые подтапливаются грунтовыми водами, в пределах г. Донецка

Таким образом, закрытие угольных предприятий – не менее серьезная угроза экологии, чем их эксплуатация. Процесс закрытия требует больших материальных вло-

жений и, если их недостаточно, создает еще больше проблем для экологической обстановки в регионе. Решение этого вопроса требует новых знаний, принципов, стандартов.

Весьма перспективным направлением выхода из создавшейся ситуации является использование реновационных ресурсов. По данным ряда авторов, подлежащие ликвидации угольные предприятия имеют ценные инфраструктурные компоненты, которые могут использоваться в дальнейшем. Наиболее перспективной, по их мнению, является не ликвидация шахт, а реновация производства, диверсификация его деятельности, и желательно – с переходом на новый высокотехнологический уровень [3, 4]. В работах этих авторов подчеркивается, что важность и возможности процесса реновации угольных предприятий пока еще не оценены по достоинству. Однако уже сейчас можно утверждать, что такая трансформация угольного предприятия может обеспечить от инвесторов или арендаторов приток финансовых средств, которые могут быть использованы для решения вопросов природообустройства.

Анализ опыта различных стран, полученного при реновации закрывающихся угольных предприятий, показывает, что он весьма разнообразен. Так, результатом реновации угольных предприятий Великобритании стало создание объектов культурно-бытового обслуживания: гольф-клубы, спортивные объекты, рекреационные территории, торговые центры, музеи, выставочные центры, памятники индустриального наследия [5].

В Германии, в городах Рурского бассейна, выполняются обширные работы по природообустройству в местах репрофилирования крупных угледобывающих территорий. Там созданы четыре национальных парка, десятки «зеленых зон» отдыха, многие города заново озеленены. На территории шахт Бохума созданы большой ботанический сад, музей искусств, университетская библиотека [6].

Разнообразные приемы по природообустройству в случаях реновации территории угледобывающих объектов демонстрирует опыт Китая. На территории закрытых угольных предприятий там создаются культурные парки, создано много рыбных прудов. Большие площади отведены под сельскохозяйственные угодья. Объекты, расположенные на территории бывших шахт, трансформированы в торгово-развлекательные, жилые площади [7].

Угледобывающие регионы Австралии также располагают обширным опытом при-

родообустройства путем организации самостоятельных экосистем в виде зеленых площадок, культурных ландшафтов, национальных парков (Австралийские Альпы) на базе закрывающихся угольных предприятий [8]. При этом национальный стандарт Австралии 1999 г. «Стратегические рамки для закрытия шахт – ANZMEC» указывает: если подлежащая реновации структура или здание не требуют дорогостоящего технического обслуживания, они должны быть адаптированы для повторного использования.

Таким образом, идея преобразования угольных шахт в экологически безопасные и рентабельные предприятия в противовес полной их ликвидации облегчает решение проблем рационального природообустройства, весьма перспективна и требует своего дальнейшего развития.

Одним из вариантов таких предприятий, на наш взгляд, являются центры хранения и обработки данных (ЦХОД). Их бурное развитие происходит во всем мире. В частности, компания IKS-Consulting на основании широкого анализа динамики рынка центров хранения и обработки данных России за 2014 г. показала его увеличение на 30%. Ожидается, что уже к 2018 г. он увеличится в два раза, а расходы на информационно-коммуникационные технологии в ближайшее время достигнут примерно 3% от всего ВВП Российской Федерации [9].

При столь интенсивной динамике развития ЦХОД является естественным возникновение проблемы их размещения. В процессе их планирования в условиях современных мегаполисов проектировщики сталкиваются с целым рядом препятствий: например, таких, как высокая стоимость земли, повышенная плотность застройки, сложность, а иногда и невозможность обеспечить стабильное энергоснабжение, трудность обеспечения эффективного охлаждения энергоемкого оборудования. За счет этого размещение их в структуре города становится недопустимым по стоимости, а трудности размещения – непреодолимыми.

Перспективным компромиссом при решении поставленных проблем является рассмотрение в качестве базы для размещения ЦХОД недействующих или выработавших свой ресурс предприятий угольной промышленности, в первую очередь – наземного производственного комплекса. Такое направление реновации дает возможность максимально полно использовать оставшее-

ся после закрытия шахт оборудование, здания и сооружения, предупреждать загрязнение окружающей среды и решать проблемы природообустройства, что особенно важно в урбанизированных районах с дефицитом пространства.

На территории шахт уже имеются промышленные здания и сооружения, которые после реконструкции подходят для размещения оборудования ЦХОД, топливные резервуары для генераторов автономного электропитания, имеются готовые системы водоснабжения, водоотведения и отопления. На шахтную территорию подведено не менее двух цепей воздушных линий, а их опоры рассчитаны на повышенные ветровые и гололедные нагрузки. Кабельные линии проложены по отдельным трассам, получают питание от независимых источников. Шахтные производственные комплексы имеют собственные водоемы или располагаются вблизи природных. Воду из них можно использовать в системах охлаждения ЦХОД, одновременно решая проблему откачки шахтных вод. Копры и трубы шахтной промзоны могут быть использованы в качестве несущих конструкций для размещения антенн приемно-передающего оборудования центров хранения и обработки информации. Терриконы угольной шахты могут быть использованы для размещения солнечных батарей, а их возвышение над местностью позволяет поднять на большую высоту вышки для обмена электронной информацией. Вентиляционное оборудование, обеспечивавшее подачу охлажденного воздуха в подземные угольные выработки, может быть трансформировано в систему охлаждения греющихся элементов центров хранения и обработки информации.

Инфраструктура подлежащих реновации угольных шахт делает возможным и подземное размещение элементов оборудования центров хранения и обработки информации в горных выработках, использование для энергоснабжения выделяющегося в них метана.

Отработанное в качестве охлаждающего оборудование центров хранения и обработки информации среды (вода, воздух) может быть использовано для обогрева жилищного фонда прилегающих населенных пунктов.

Выводы

Угледобывающие промышленные объекты Донбасса, исчерпавшие свой ресурс, являются подготовленной промышлен-

ной основой, на которой можно создать современное рентабельное предприятие – например, ЦХОД. Шахтную промзону следует рассматривать как ценный и перспективный объект, диверсификация и реновация которого являются одним из наиболее коротких и эффективных путей снижения затрат на строительство, эксплуатацию новых предприятий и решения проблем природообустройства прилегающих территорий.

Библиографический список

1. Зеленов Ю.В., Бията Ю.И., Артамонов В.Н. Обоснование экологически безопасного способа закрытия шахт // Збірник наукових праць студентів і аспірантів «Екологічні проблеми топливно – енергетичного комплексу» (25-26 квітня 2012 р., Донецьк): Зб. матер. конф. / Ред. О.В. Луньова. Донецьк: ДонНТУ, 2012. – С. 8-12.
2. Стратегия экологической политики г. Донецка до 2020 года. Донецкий филиал государственного учреждения «Государственная экологическая академия последипломного образования и управления». Донецк, 2008. 68 с.
3. Лобов И.М., Воронова О.С. Экологические проблемы массового закрытия предприятий угольной промышленности Донбасса // Проблеми архітектури і містобудування. 2012. № 4(96). С. 73-75.
4. Егорушкина Т.Н. Обоснование направлений диверсификации предприятий угольной промышленности: Автореф. дис. канд. экон. наук. Тула, 2002. 4 с.
5. Hartree R. The bulletin of the association for industrial archaeology // Richard Hartree. № 146. 2008. P. 1-9.
6. Ключтер Х. Структурные изменения в угольной промышленности Рурского региона // Регион: экономика и социология. 1997. № 2. С. 147-159.
7. Chang Jiang. Redevelopment of Industrial Wasteland Based on Renewal of Mining Cities // Chang Jiang, Feng Shanshan, Tang Jianjun, ISoCaRP Congress 2006.
8. Australia New Zealand Minerals and Energy Council Submission to the House of Representatives Inquiry into increasing value adding to Australian Raw Materials. December. 1999. P. 1-19.
9. Российский рынок коммерческих ЦОДов: новый отчет iKS-Consulting. ЗАО «ИКС-холдинг». 17 ноября 2014 г. // <http://www.iksmedia.ru/company/iks-consulting.html>

Материал поступил в редакцию 11.10.2016 г.

Сведения об авторе

Джерелей Дарья Александровна, ассистент кафедры архитектурного проектирования и дизайна архитектурной среды ГОУ

ВПО «ДонНАСА», Украина. Домашний адрес: проспект Офицерский д. 69в, кв. 62, г. Донецк, Донецкая область, 83087; тел.: +380501539245; e-mail mrs.amourdaria@gmail.com

D. DJERELEY

State educational institution of higher professional education «Donbas National Academy of Construction and Architecture», Makeyevka, Ukraine

PROBLEMS OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING WHEN RENOVATING DONBAS COAL MINES AND WAYS OF THEIR SOLUTION

The aim of the study is substantiation of the choice of the best ways of environmental engineering in case of Donetsk coal basin mines closure. The study methodology is based on the comprehensive study of the coal mines impact on the environmental situation in the Donbass region. On the basis of field surveys, archival, bibliographical and statistical data analysis of realized and unrealized projects of exhausted coal enterprises reconstruction the optimal ways of their closure were identified. It was found that the process of their closure requires large investments, and if funds are insufficient, it creates additional problems for the ecological situation in the region. At the same time, the rational use of the remaining post-closure equipment, buildings and structures can contribute to the solution of environmental problems. Further use of the existing material base elements allows to save pre-existing environmental system and save money for their further optimization. The promising way of renovation is the creation of centers of data storage and processing on the basis of exhausted coal enterprises. This option enables the renovation maximize the use of existing equipment, buildings and structures, to prevent environmental pollution and to solve the problems of environmental engineering. Thus, the industrial sites of exhausted coal enterprises and their resources can be considered as ready industrial bases to build a modern cost-effective enterprise, for example, data center. The industrial area of coal enterprises should be regarded as a valuable and promising object which diversification and renovation is one of the shortest and most effective ways to reduce construction of new enterprises and operation costs, solve problems of environmental adjacent areas.

Renovation of industrial areas, centers of data storage and processing, TCKHOD, closure of coal mines, Donetsk Coal Basin, environmental engineering.

Reference

1. Zelenov Yu.V., Biyata Yu.I., Artamonov V.N. Obosnovanie ekologicheskii bezopasno-go sposobu zakrytia shaht // Збірник наукових праць студентів і аспірантів «Екологічні проблеми топливно – енергетичного комплексу» (25-26 квітня 2012 р., Донецьк): Зб. матер. конф. / Ред. О.В. Луньова. Донецьк: ДонНТУ, 2012. – С. 8-12.
2. Strategiya ekologicheskoi politiki g. Donetska do 2020 goda. Donetskij filial gosudarstvennogo uchrezhdeniya «Gosudarstvennaya ekologicheskaya akademiya posle diplomnogo obrazovaniya I upravleniya». Donetsk, 2008. 68 p.
3. Lobov I.M., Voronova O.S. Ecologicheskii problem massovogo zakrytiya predpriyatij ugolnoj promyshlennosti Donbassa // Problemy arhitektury i mistobuduvannya. 2012. № 4(96). S. 73-75.
4. Egorushkina T.N. Obosnovanie napravlenij diversifikatsii predpriyatij ugolnoj promyshlennosti: Avtoref. Dis. Cand. Econ. Nauk. Tula, 2002. 4 s.
5. Hartree R. The bulletin of the association for industrial archaeology // Richard Hartree. № 146. 2008. P. 1-9.
6. Klyuter H. Strukturalnye izmeneniya v ugolnoj promyshlennosti Rurskogo regiona // Region: ekonomika I sotsiologiya. 1997. № 2. S. 147-159.
7. Chang Jiang. Redevelopment of Industrial Wasteland Based on Renewal of Mining Cities // Chang Jiang, Feng Shanshan, Tang Jianjun, ISoCaRP Congress 2006.
8. Australia New Zealand Minerals and Energy Council Submission to the House of Representatives Inquiry into increasing value adding to Australian Raw Materials. December. 1999. P. 1-19.

9. Rossijskij rynek kommercheskih TSODov: novyj otchet iKS-Consulting. ZAO «IKS-holding». 17 noyabrya 2014 g. // <http://www.iksmedia.ru/company/iks-consulting.html>

The material was received at the editorial office
11.10.2016

Information about the author

Djereley Darya, assistant of the department of State educational institution of higher professional education «Donbas National Academy of Engineering and Architecture», Makeyevka. Home address: Avenue Officers 69v, Donetsk, Donetsk region, 83087; tel.: +380501539245; e-mail mrs.amourdaria@gmail.com

УДК 502/504:627.8

О.Д. РУБИН, В.Ю. СОБОЛЕВ

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт энергетических сооружений» (АО «НИИЭС»), г. Москва

ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ИХ ОСНОВАНИЙ

Представлена методология реализации программно-аппаратного комплекса, предназначенного для мониторинга состояния и прогнозирования безопасности комплексов гидротехнических сооружений совместно с основаниями (на примере комплекса Загорских ГАЭС). Техническая архитектура ПАК (программно-аппаратный комплекс) с целью практической реализации основывается на применении серверного, клиентского и расчетного модулей. На серверный модуль возлагается функция предварительной обработки данных, получаемых от ИДС (информационно-диагностическая система включая сохранение в нужный формат, и возможная статистическая обработка для уменьшения влияния случайных факторов и точности измеряемой аппаратуры. Также эта обработка позволит устранять возможные пропуски в данных КИА. Расчетный модуль получает уже подготовленные данные. Расчетный модуль находится в единственном экземпляре на компьютере, имеющем доступ ко всем математическим моделям. Каждая математическая модель сопровождается скриптом, позволяющим запускать соответствующий расчетный комплекс, изменять параметры модели в соответствии с входными данными, запускать расчет и извлекать необходимые результаты. Взаимодействие программных модулей (на примере комплекса Загорских ГАЭС) должно производиться на базе модели основания, которая должна точно отражать структурную модель основания, и для каждого ее элемента должны быть определены физико-механические и прочностные характеристики грунтов. В результате расчетов определяются наиболее опасные зоны в сооружениях, которые необходимо контролировать в процессе эксплуатации. В этих зонах назначаются состояния, по которым определяются критерии безопасности.

Гидротехнические сооружения, основания, программно-аппаратный комплекс, мониторинг состояния, прогнозирование безопасности, информационно-диагностическая система, расчетный модуль, техническая реализация.

Введение. В рамках реализации Федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений» (№ 117-ФЗ) необходимо осуществлять постоянный контроль состояния гидротехнических сооружений (ГТС) посредством оснащения контрольно-измерительной аппаратурой (КИА) и постоянного мониторинга; посредством деклараций безопасности и критериев безопасности ГТС, а также внедрения систем прогнозирования воздействий и безопасности ГТС.

Концепция архитектуры ПАК.

Предлагаемый вариант архитектуры программно-аппаратного комплекса (ПАК) (рис. 1) отражает концепцию ПАК в целом и описывает состав комплекса. Техническая архитектура ПАК (рис. 2) с целью практической реализации основывается на применении серверного, клиентского и расчетного модулей:

- Серверный модуль – обособленная часть ПАК, установленная вместе с информационно-диагностической системой (ИДС)

на одном компьютере, получающая от нее данные.

- Клиентский модуль – модуль, устанавливаемый на компьютер, обслуживающий данную систему.

- Расчетный модуль – модуль, отвечающий за взаимодействие математических моделей, запуск расчетных программных комплексов, получение результатов от них,

и решение сопровождающие технических вопросов. Возможно совмещение расчетного модуля с клиентским или же установка на вычислительный кластер.

- Клиентский компьютер – компьютер с установленным клиентским модулем, с которого возможен просмотр некоторых результатов расчетов, удаленный запуск расчета, настройка параметров расчета и т.д.

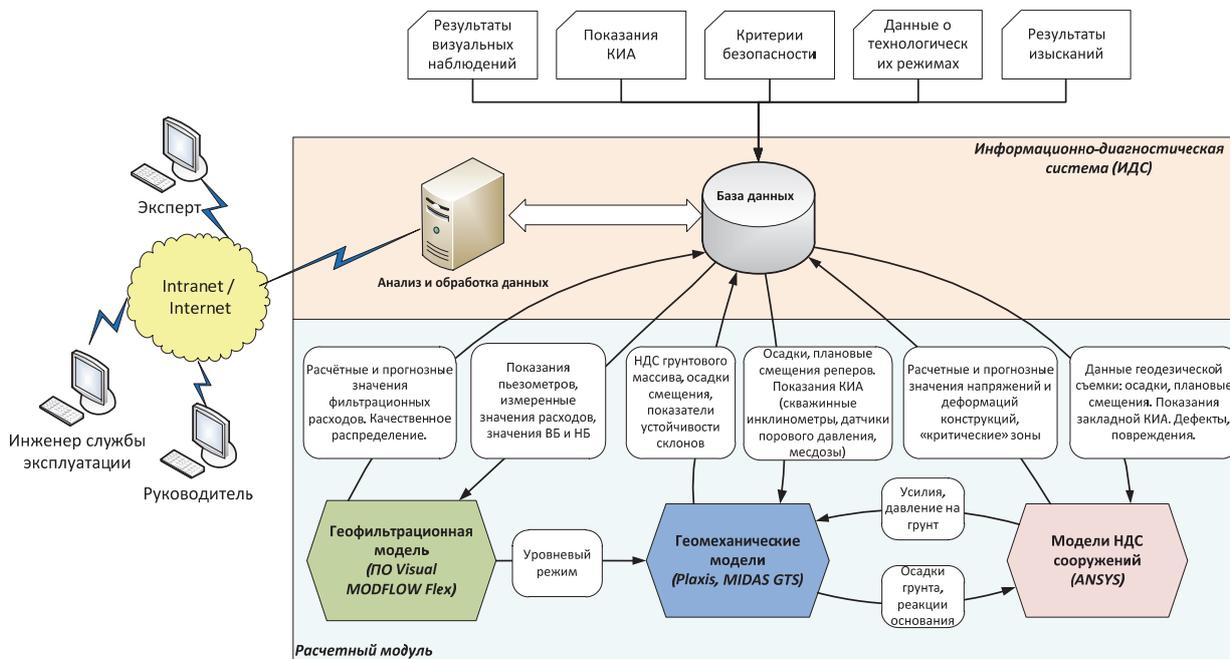


Рис. 1. Структура ПАК

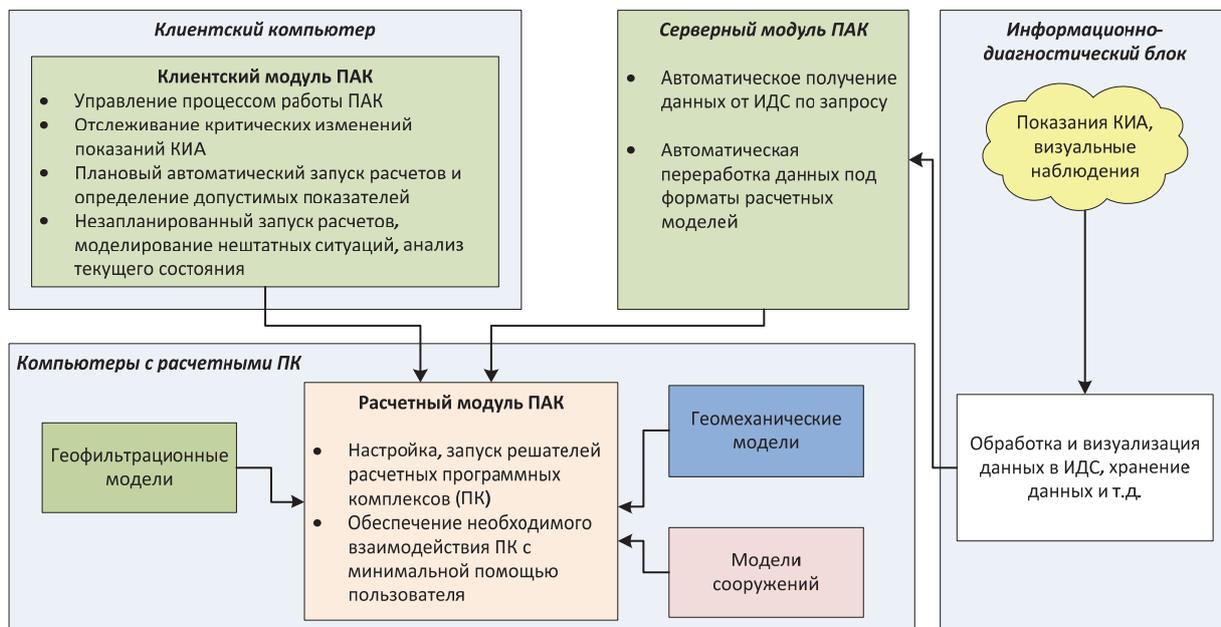


Рис. 2. Техническая архитектура ПАК

Серверный модуль (рис. 3) запускается в единственном экземпляре на компьютере, имеющем непосредственный доступ к ИДС. В этом модуле реализуется возмож-

ность формирования запроса к ИДС. Вид запроса (HTTP, или СОМ, или какой-то иной) будет установлен во взаимодействии с разработчиками ИДС.

Исходя из этого запроса, в формате Excel, стандартном для ИДС, сохраняют необходимые результаты измерений. Перечень датчиков, необходимый временной интервал, устанавливаются исходя из требований математических моделей. Эти сведения будут либо жестко установлены в ИДС, либо будут передаваться вместе с запросом через текстовый файл для возможности изменения запрашиваемого набора данных.

На серверный модуль возлагается функция предварительной обработки данных, получаемых от ИДС, включая сохранение в нужный формат, и возможная статистическая обработка для уменьшения влияния случайных факторов и точности измеряемой аппаратуры. Также эта обработка позволит устранять возможные пропуски в данных КИА. Расчетный модуль получает уже подготовленные данные. Предполагается конвертация Excel файлов в компактный бинарный формат, который предназначен для отсылки расчетному модулю. Выбор такого формата обусловлен его меньшим размером и наиболее простым способом чтения/записи.



Рис. 3. Схема работы серверного модуля

Отправка всех полученных от ИДС данных в расчетный модуль производится по сети. В случае, если серверный и расчетный модули будут установлены на одном компьютере, обращение в сети выполняется к этому же компьютеру.

Расчетный модуль (рис. 4) находится в единственном экземпляре на компьютере, имеющем доступ ко всем математическим моделям. Различные модели могут быть установлены на других компьютерах в сети, в этом случае управление ими производится удаленно.

Каждая математическая модель сопровождается скриптом, позволяющим запускать соответствующий расчетный комплекс (ANSYS, MIDAS GTS, ModFlow), изменять параметры модели в соответствии с входными данными, запускать расчет и извлекать необходимые результаты. Типовой скрипт

имеет набор входных данных, который предоставляется ему в унифицированном текстовом формате. Спецификация данного формата будет разработана с учетом требований расчетных математических моделей. Также скрипт имеет список результатов расчета для извлечения из моделей и сохранения в файлы. Каждый скрипт и соответствующая ему математическая модель изолированы от других моделей (не «знает» о связях между этими моделями). Это позволит легко изменять вид, количество связей и добавлять новые.

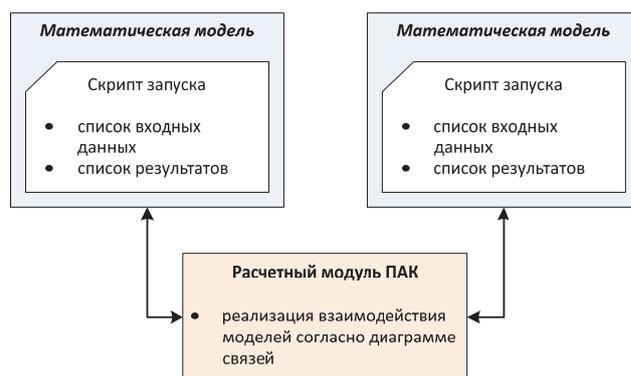


Рис. 4. Схема работы расчетного модуля

Описанная схема обоснована тем, что каждая математическая модель разрабатывается и рассчитывается в своем уникальном программном комплексе, все используемые комплексы имеют специфичные способы настройки и запуска. Скрипты моделей содержат информацию об особенностях ПК, что позволяет расчетному модулю реализовать передачу данных по унифицированной схеме для всех используемых моделей.

Связи между геотехнической, геофильтрационной моделями, а также моделями сооружений контролируются расчетным модулем. При необходимости расчета данный модуль запускает соответствующий модели скрипт. Входными данными для скрипта служат выходные данные других моделей. Эти данные расчетный модуль получает от служебных скриптов моделей в виде унифицированных текстовых файлов и передает их по необходимым связям.

Данная система позволит настраивать взаимодействие моделей и состав необходимых входных/выходных данных в расчетном модуле, абстрагируясь от тонкостей программных комплексов, и сложностей, связанных с запуском расчета. Добавление или изменение связей не вызовут существенных изменений в исходном коде расчетно-

го модуля. Возможно хранение этих связей в отдельном файле, для их редактирования в уже запущенном модуле. Вся работа, связанная с запуском ПК, внедрением исходных данных и получением результатов, выполняется соответствующими вспомогательными скриптами. Описанная архитектура может быть охарактеризована как слабо связанная, поскольку модификация одних модулей не влечет за собой изменения исходного кода других.

Предъявляются следующие требования к исходным данным и результатам натурных наблюдений/испытаний:

1. Для значительного упрощения необходима возможность получения результатов измерений от ИДС без применения интерфейса, удаленно по HTTP запросу, или COM.

2. Исходные данные должны предварительно фильтроваться серверным или клиентским модулем для уменьшения влияния случайных факторов и точности измерительной аппаратуры.

Реализация взаимодействия программных модулей. Взаимодействие программных модулей (на примере комплекса Загорских ГАЭС) должно производиться на базе модели основания, которая должна точно отражать структурную модель основания и для каждого ее элемента должны быть определены физико-механические и прочностные характеристики грунтов.

Структурная модель с характеристиками передается как исходный материал для создания геофильтрационной модели основания на базе программы VisualModFlowFlex.

Для создания модели необходимы грансостав, пористость, весовая влажность, коэффициент фильтрации, бытовые пьезометрические уровни, расходы фильтрации и т.д.

Далее решается стационарная задача, для чего выбираются границы модели, пьезометрические уровни для всех геологических горизонтов основания:

- В первой стационарной задаче уровень бьефов в верхнем бассейне Загорской ГАЭС на уровне НПУ, в нижнем бассейне на уровне УМО.

- Во второй стационарной задаче обратная картина: в верхнем бассейне – УМО, в нижнем – НПУ.

- В третьей стационарной задаче рассматривается длительное положение бьефов с уточненными (в первых двух задачах) фильтрационными характеристиками.

- В четвертой нестационарной задаче рассматривается реальный летний режим работы водохранилищ.

- В пятой нестационарной задаче – то же, но в зимний период. После верификации всех моделей рассматриваются 5 прогнозных моделей при различных экстремальных случаях:

- выход из строя глубинных скважин строительного водопонижения (подпарамоновский и днепровско-московский горизонт) между Загорской ГАЭС и Загорской ГАЭС-2;

- выход из строя скважин строительного водопонижения на площадке Загорской ГАЭС-2;

- отказ в работе дренажа упорной призмы южного склона;

- отказ дренажа в основании водоприемника;

- отказ дренажа в основании здания ГАЭС;

- а также две нестационарные задачи (быстрое опорожнение верхнего бассейна до отметки 245 м и до 230 м).

Рассматривается ряд прогнозных моделей при введении разделительных стен между Загорской ГАЭС и Загорской ГАЭС-2 для случая различных геологических горизонтов.

На основании всех выполненных расчетов определяются критериальные значения показателей для каждого из установленных в основании пьезометров, худшие из которых будут приняты как критерии безопасности К1 или К2.

Все результаты всех расчетов передаются в базу данных ИДС.

Две или три наиболее неблагоприятных прогнозных модели (с точки зрения фильтрационных напоров) являются основой для создания геомеханической модели основания. Для этой модели, кроме того, определяются все внешние нагрузки. При этом модели строятся под каждой ГАЭС отдельно с целью определения с максимальной точностью коэффициентов устойчивости оползневых склонов и определения коэффициентов устойчивости бетонных сооружений на сдвиг.

Для расчетов из фильтрационной модели в ИДС осуществляется передача данных по напорам и расходам, из геологической модели – всех исходных характеристик грунтов.

Результаты и сам расчетный модуль интегрируются в ИДС для возможности дальнейших расчетов при изменении механических или иных параметров.

Выводы

Получаемое в результате напряженно-деформированное состояние основания является основой для расчета особо ответственных конструкций: водоприемников верхних бассейнов, водоводов и зданий ГАЭС. Задачи для повышения прочности решаются в двухмерной постановке, каждое сооружение рассматривается на своем ограниченном основании, граничные условия для которого берутся из расчетов геомеханической модели. При моделировании сооружений учитывается опыт разработки математических конечно-элементных моделей гидросооружений с основаниями [1-4].

В результате расчетов определяются наиболее опасные зоны в сооружениях, которые необходимо контролировать в процессе эксплуатации. В этих зонах назначаются состояния, по которым определяются критерии безопасности. При наличии закладных приборов показания могут назначаться по ним; если таковых нет, то на основании измерения деформации.

Исходные данные для расчета получают из единой базы данных, передача результатов расчетов и назначенных показателей состояния осуществляется в ИДС. Визуализация результатов осуществляется средствами расчетной программы и затем передается в ИДС.

Таким образом, для создания расчетных моделей должен быть выполнен анализ результатов выполненных ранее инженерно-геологических и инженерно-геофизических изысканий. Должен быть выполнен комплекс работ по установке дополнительной КИА и анализ результатов по ней.

Библиографический список

1. Рубин О.Д., Лисичкин С.Е., Ляпин О.Б., Нефедов А.В. Исследования бе-

тонных и железобетонных энергетических сооружений // Гидротехническое строительство. – 1999. – № 8/9. – С. 22-28.

2. Рубин О.Д. Расчетное обоснование решений по обеспечению надёжности конструкций водосброса № 2 бетонной плотины Богучанской ГЭС / О.Д. Рубин, С.Е. Лисичкин, В.П. Гребенщиков, В.А. Цыбаков, А.В. Нефёдов, А.Д. Катанов, Д.И. Пономарёв // Бетонные и железобетонные гидротехнические сооружения. Известия ВНИИГ. – Т. 244. – С. 227-233.

3. Лисичкин С.Е. Расчетная оценка прочности высоконапорных водоводов большего диаметра гидроузла «Три ущелья» / С.Е. Лисичкин, О.Д. Рубин, Б.А. Николаев, О.Б. Ляпин // Гидротехническое строительство. – 1999. – № 4. – С. 40-45.

4. Лисичкин С.Е., Рубин О.Д., Шаркарс И.Э., Новиков С.П. Расчетная оценка напряженно-деформированного состояния левого блока здания Плявиньской ГЭС с учетом данных натурных наблюдений. // Гидротехническое строительство. – 1998. – № 2. – С. 47-53.

Материал поступил в редакцию 17.03.2016 г.

Сведения об авторах

Рубин Олег Дмитриевич, доктор технических наук, заместитель генерального директора по технической политике АО «Научно-исследовательский институт энергетических сооружений»; 125362, Москва, Строительный проезд, 7а; тел.: 8-499-493-51-32; e-mail: info@niies.ru

Соболев Вячеслав Юрьевич, кандидат технических наук, заместитель генерального директора по исследованиям и разработкам АО «Научно-исследовательский институт энергетических сооружений»; 125362, Москва, Строительный проезд, 7а; тел.: 8-499-492-75-25; e-mail: sobolev.viy@niies.ru

O.D. RUBIN, V.YU. SOBOLEV

«Joint-stock company Research institute of energetic structures» (АО «NIIRS»), Moscow

TECHNICAL REALIZATION OF THE HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR MONITORING THE CONDITION AND FORECASTING SAFETY OF HYDRAULIC ENGINEERING STRUCTURES AND THEIR FOUNDATIONS

This article describes the methodology of realization of a hardware-software complex (HSC) used for monitoring and safety assessment of hydraulic structures and their foundations (based on the example of the Zagorskaya PSP complex). Practical realization of the HSC technical structure is based on server (a separate part of the HSC installed on the same computer as

an informational-diagnostic system (IDS) of a hydraulic structure), client (module installed on the computer which maintain HSC) and calculation (module which organize interaction between numerical models, starts numerical simulation software and solve technical issues) modules. The server module serves for preliminary processing of the data obtained from IDS, including conservation to the necessary format, and for possible statistical processing needed to decrease the influence of sensor errors and random factors. This processing will also help to eliminate possible omissions in the sensor data. The calculation module receives the already prepared data. It is the single unit on the computer which has an access to all mathematical models. Each mathematical model is accompanied by a script which enables to start a corresponding simulation software, to change modelling parameters according to the input data and to obtain the necessary results. The interaction of software modules (by the example of the Zagorskaya PSP complex) should be based on the hydraulic structure foundation model which has to reflect a foundation structural model and all elements of which have to include mechanical and strength characteristics of soil. Simulation results will enable to determine the most dangerous areas of hydraulic structures which should be controlled during operation. In these areas there are set conditions according to which safety criteria are determined.

Гидротехнические сооружения, основания, программно-аппаратный комплекс, мониторинг состояния, прогнозирование безопасности, информационно-диагностическая система, расчетный модуль, техническая реализация.

References

1. Rubin O.D., Lisichkin S.E., Lyapin O.B., Nefedov A.V. Issledovaniya betonnyh i zhelezobetonnyh energeticheskikh sooruzhenij // Gidrotehnicheskoe stroiteljstvo. – 1999. – № 8/9. – S. 22-28.
2. Rubin O.D. Raschetnoe obosnovanie reshenij po obespecheniyu nadezhnosti constructsij vodosbrosa № 2 betonnoy plotiny Boguchanskoj GES / O.D. Rubin, S.E. Lisichkin, V.P. Grebenshchikov, V.A. Tsybakov, A.V. Nefedov, A.D. Katanov, D.I. Ponomarev // Betonnye i zhelezobetonnye gidrotehnicheskie sooruzhenia. Izvestiya VNIIG. – T. 244. – S. 227-233.
3. Lisichkin S.E. Raschetnaya otsenka prochnosti vysokonapornyh vodovodov boljshego diametra gidrouzla «Tri usheljya» / S.E. Lisichkin, O.D. Rubin, B.A. Nikolaev, O.B. Lyapin // Gidrotehnicheskoe stroiteljstvo. – 1999. – № 4. – S. 40-45.
4. Lisichkin S.E., Rubin O.D. Shakars I.E., Novikov S.P. Raschetnaya otsenka Naprya-

zhenno-deformirovannogo sostoyaniya levogo bloka zdaniya Plyavinjskoj GES s uchetom dannyh naturnyh nablyudenij // Gidrotehnicheskoe stroiteljstvo. – 1998. – № 2. – S. 47-53.

The material was received at the editorial office
17.03.2016

Information about the authors

Rubin Oleg Dmitrievich, doctor of technical sciences, deputy general director on technological policy AO «Research institute of energy structures»; 125362, Moscow, Stroiteljny proezd, 7a; Tel.: 8-499-493-51-32; e-mail: info@niies.ru

Sobolev Vyacheslav Yurjevich, candidate of technical sciences, deputy general director on researches and developments AO «Research institute of energy structures»; 125362, Moscow, Stroiteljny proezd, 7a; Tel.: 8-499-492-75-25; e-mail: sobolev.viy@niies.ru

УДК 502/504: 627.8: 69.05

О.Н. ЧЕРНЫХ, В.И. ВОЛКОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва

А.В. БУРЛАЧЕНКО

АО «Мерседес-Бенц РУС», г. Москва

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ НИЖНЕГО БЬЕФА СТОЛИЧНЫХ ПРУДОВ

Рассматриваются проблемы и различные подходы к оценке безопасности нижнего бьефа низконапорных столичных гидроузлов и параметров волны прорыва при возможной аварии гидротехнических сооружений в условиях сложившейся городской инфраструктуры и на территориях, присоединяемых к городским. Отмечено, что расчёт параметров волны прорыва и зон возможного затопления является одной из важнейших составных частей Декларации безопасности ГТС, будь то плотина крупного гидроузла или малого рекреационного запруженного водоёма на территории мегаполиса. Установлено, что как зарубежные, так и отечественные программные разработки по расчёту параметров волны прорыва далеко не всегда проходят необходимый набор тестов и для низконапорных гидроузлов, составляющих преобладающее большинство в столичном мегаполисе, имеют определённые трудности в использовании как для проектировщиков, так и у специалистов службы эксплуатации. Приведены результаты сопоставления с данными расчётов упрощёнными методами, разработанными на кафедре ГТС, с данными расчёта по программным комплексам, предлагаемым НИИЭС и ВНИИ ГОЧС. Показана перспективность перехода к чисто эмпирическим зависимостям для оценки динамики развития аварии на территории Москвы с учётом месторасположения плотины в каскаде и отсутствия подпора в нижнем бьефе от нижерасположенного гидроузла.

Безопасность, территория нижнего бьефа, сценарий аварии, волна прорыва, зона затопления, каскад прудов, глубина затопления, ущерб при аварии.

Введение. На территории Москвы сосредоточены уникальные природные и рекреационные ресурсы. В условиях мегаполиса со сформировавшейся гидросетью можно выделить плотинные (напорные) пруды (менее 40%) и наливные (безнапорные) (около 56%). В настоящее время в Москве имеются 4 водоёма объёмом более 0,5 млн м³, объёмом 0,5...0,1 млн м³ – порядка 45, остальные имеют объём менее 0,1 млн м³. В гидроландшафте мегаполиса общая доля водоёмов, по данным Департамента земельных ресурсов, в 2010 г. составляла более 1,5 тыс. га [1]. Из общего количества московских прудов (в 2011 г. их было примерно 650) около 16% раньше были пригородными усадебными [1, 2]. Сейчас такие «старые» пруды имеют статус памятников культуры и парковых ландшафтов Москвы. Чаще всего они располагаются на ООПТ. Некоторые из них были реконструированы в середине прошлого столетия, во время индустриального подъёма жилищного и капитального строительства, проводившегося в 1960-1980 гг. в Москве. Однако в результате такого благоустройства, когда работы велись без каких-либо

экологических обоснований и ограничений, многие столичные пруды полностью утратили характеристики природного водоёма и необходимые элементы для функционирования водной экосистемы (Советский пруд в Перово, пруды в Кусково, Останкино, Люблино, Петровско-Разумовское, Головинские пруды в Михалково и многие другие) [2]. Поэтому сегодня большая часть «старых» прудов мегаполиса (51%) подлежит реставрации и капитальному ремонту [3]. В связи с расширением границ Москвы число запруженных водоемов существенно увеличилось. Относительно недавно в городскую черту попал ещё ряд «старых» прудов: в усадьбах Чернево, Бутово, Захарьино; в новых районах Куркино, Щербинке, Митино, Рождественно, Переделкино, Солнцево и другие пруды в Новой Москве (порядка 170). Испытываемые страной экономические проблемы привели к тому, что реализация как среднесрочной, так и долгосрочной (до 2020 г.) программ восстановления водных объектов в Москве практически приостановлена.

В рамках интенсивной урбанизации столичной территории одним из актуаль-

ных вопросов городской гидротехники является обеспечение безопасности с одновременным решением проблем сохранения, природоприближенного восстановления, реставрации и реконструкции природных территорий Москвы и их водных систем. В этой связи настало время большее внимание при оценке безопасности гидротехнических сооружений (ГТС) для урбанизированных территорий обращать на реконструкцию «старых» плотин, особенно усадебных гидроузлов, исторически оказавшихся в густонаселённых районах столицы. Большинство прудовых ГТС эксплуатируется более 40...50 лет. Необходимость их реконструкции определяется, в первую очередь, такими обстоятельствами, как старение конструкции; повреждение отдельных элементов ГТС; несоответствие современным требованиям безопасности решений, принятых при строительстве; изменение либо уточнение гидрологических данных в период эксплуатации гидроузла; изменение класса ГТС в силу ряда обстоятельств.

Материалы и методы исследования. Обследование технического состояния прудовых гидроузлов Москвы в административных округах (АО) и их анализ, проводимые на кафедре гидротехнических сооружений РГАУ-МСХА на протяжении ряда лет (1998-2015 гг.), показали, что для разных АО процент объектов, требующих капитального ремонта, составляет от 15 до 52%. В удовлетворительном состоянии находятся от 3 до 23% водоёмов. Техническое состояние ГТС только 3...16% прудов можно квалифицировать как удовлетворительное. Сегодня водная система некоторых парковых объектов столичного региона полностью разрушена и представляет собой отдельные самостоятельные элементы («Братцево», «Студенец», «Алтуфьево», ряд старинных пригородных усадеб в Щербинке, Балашихе, Королёве, Мытищах и других, граничащих с Москвой территориях Московской области). Практически руинировано порядка 9% московских прудов [1-3].

Для гидроузлов Москвы наблюдается негативная тенденция увеличения числа сооружений с опасным и неудовлетворительным уровнем безопасности [1, 2]. Именно для таких гидроузлов наиболее опасными сценариями развития гидродинамических аварий будут деформация и разрушение напорного фронта сооружений. По результатам обследований столичных водоёмов уста-

новлено, что 176 из них образованы грунтовыми плотинами и дамбами (состояние на 2012 г.). Высоту 5...10 м имеют 24 плотины (16%), более 10 м – 2 плотины (1%), 3...5 м – 64 плотины (36%), менее 3 м – 63 плотины (35%). Несомненно, наибольшую опасность для окружающей территории с точки зрения возможности развития гидродинамической аварии имеют пруды с развитым напорным фронтом, который формируется в основном однородными земляными плотинами (более 99%). Использование для этой цели плотин из бетона и камня в мегаполисе ограничено (исключением является Борисовский пруд).

Безопасность низконапорных гидроузлов также во многом определяется наличием и состоянием водопропускных и, в частности, водосбросных сооружений. На прудах Москвы функционируют 164 водосброса, из которых преобладают трубчатые (94%). Среди них наиболее распространены нерегулируемые (башенные, шахтно-башенные, безбашенные и проч.). Приплотинные водосбросы часто совмещены с водовыпускными сооружениями, но достаточно полных данных по ним нет. Паводковые водосбросы и водовыпуски в подавляющем большинстве находятся в предаварийном или аварийном состоянии [1, 3].

В мегаполисе – более 80 каскадов с запруженными прудами, которые влияют на работу друг друга. Так, на р. Городне было обследовано 3 каскада, состоящих из 21 пруда, на р. Очаковке – 2 каскада из 11 прудов, на р. Битце с притоком р. Журавенка – 2 каскада из 10 прудов и т.д. Напоры на подпорных сооружениях каскадных гидроузлов составляют в основном 2...6 м, а расстояния между ними не превышают нескольких десятков километров (пруды усадеб «Петровско-Разумовское», «Битца-Садки», «Кусково», «Кузьминки-Влахерское», «Люблино» и проч.). Иногда пруды каскада непосредственно отделяются друг от друга перегородивающими дамбами или плотинами (пруды в столичных усадьбах «Узкое», «Чернево», «Михалково», «Покровское-Стрешнево», «Студенец» и др.). Поэтому наиболее неблагоприятными аварийными ситуациями на таких гидроузлах являются возможные повреждения или разрушение плотины вышележащего пруда. В целом состояние подпорных сооружений водоёмов Москвы в основном является удовлетворительным. Однако примерно 12% из общего числа обследованных плотин находится в потенци-

ально опасном или аварийном состоянии вследствие недопустимо малого запаса гребня плотины над уровнем верхнего бьефа (например, пруд № 2 в Толстопальцево, плотина между прудами № 5 и № 6 в парке усадьбы «Покровское-Стрешнево») или высачивания фильтрационных вод на низовом откосе (в зоне отдыха на Битцевской плотине, плотинах между прудами в «Чернево», в одной из самых высоких плотин Москвы на Барышихинском пруду, плотинах каскада в «Царицыно» и др.).

В настоящее время все шире в практике мировой гидротехники осуществляется реконструкция водосбросов «старых» плотин, поскольку весьма велика вероятность возникновения аварий на них, что обуславливается несоответствием пропускной способности водосбросов стоку экстремального паводка, а также неудовлетворительным техническим состоянием водосбросов или неправильными действиями эксплуатационного персонала. Решение этой проблемы требует разработки общих конструктивных подходов и конкретных предложений, например, к перепроектированию входного оголовка или устройств нижнего бьефа и т.п. По разным причинам на данный момент это обстоятельство в проектах реконструкции и восстановления городских гидроузлов в мегаполисе учитывается недостаточно. Зачастую при реконструкции используется упрощённая и неэффективная миксированная конструкция водосбросного сооружения либо проводятся лишь косметические мероприятия (подсыпка гравия или песка, добетонировка, замена берегоукрепления и проч.) (каскад Путяевских прудов ВАО, в Малино ЗелАО и др.) [2]. Если водосброс не реконструируется, то актуальными становятся меры по усилению элементов конструкции плотин, модернизации дренажной системы и обязательное расширение системы мониторинга.

Для прудов Москвы при рассмотрении схем возможных сценариев развития аварий при чрезвычайной ситуации на «старых» гидроузлах из двух групп факторов (природного и антропогенного характера: аварии на вышерасположенных гидроузлах; террористические акты; ошибки проектирования при реконструкции и восстановлении водного объекта, строительстве, эксплуатации ГТС; неправильные действия или бездействие персонала в нештатных ситуациях; нарушения, вызванные очень

длительным сроком эксплуатации сооружений; полное отсутствие службы эксплуатации и т.д.), которые обычно обуславливают аварии ГТС [8], с учётом типа, конструкции и состояния плотины можно вычленить возможные источники опасности. Это недостаточное превышение гребня плотины над уровнем верхнего бьефа; отсутствие крепления верхнего откоса и размывы надводной части откоса с захватом гребня; нарушение устойчивости откосов грунтовой плотины; нарушение фильтрационной прочности тела и/или основания грунтовой плотины; нарушение фильтрационной прочности грунтов тела плотины на контакте с отводящими трубами закрытого водосброса; недостаточная пропускная способность входного оголовка и водопропускных отверстий ГТС и отводящего тракта.

Начальной фазой возможной гидродинамической аварии на гидроузлах, как правило, является прорыв подпорного сооружения (плотины или дамбы) [4]. При прорыве напорного фронта гидроузла в проран, а через него – и в нижний бьеф гидроузла, поступает неуправляемый водный поток, имеющий значительную скорость течения. В его фронте образуется волна прорыва, обладающая большой разрушительной силой. Расчёты образования прорана при прорыве подпорного ГТС любого класса, оценку параметров и распространение волны прорыва на территории нижнего бьефа можно выполнить по пакетам отечественных или зарубежных программных комплексов, использующих одномерные и двухмерные схемы гидравлических и гидрологических расчётов пропуска паводков, потоков течений и последствий их воздействий в нижнем бьефе: HEC RACE (США); MIKE11 и MIKE21 (DHI Water and Environmental, Дания); «SV_1», разработанной С.Я. Школьниковым; «Бор» и «River» «Stream 2D», разработанных В.В. Беликовым и В.В. Кочетковым. Наиболее достоверные параметры волны можно получить, построив компьютерную гидродинамическую либо физическую модель водохранилища и рельефа ниже по течению водотока (НИИЭС) [6, 8].

Существует также ряд упрощённых методов, разработанных для выполнения предварительной приближённой оценки параметров волны прорыва, а в некоторых менее ответственных случаях – и для окончательного прогноза ее параметров [6, 7]. В этой связи составной частью

выделенной проблемы – обеспечения безопасности при техногенных катастрофах на урбанизированных территориях и сохранения историко-культурного наследия России – является решение задачи корректного определения параметров волны прорыва достаточно простыми инженерными методами, позволяющими оперативно оценивать степень опасности низконапорного гидроузла для нижнего бьефа. И.А. Секисовой показано, что модели, построенные с использованием одномерных уравнений Сен-Венана (программа «River» и программа MIKE11), незначительно уступают по точности программе «Бор», базирующейся на решении двумерных уравнений Сен-Венана [5, 6, 8]. Ошибка колеблется в пределах от 0,7 до 22,3% при определении значений максимальной глубины затопления; от 0,7 до 19,1% при определении значения максимального расхода; от 0,1 до 14,3% при определении времени добега до расчётных створов; от 7,5 до 19,1% при определении значения времени, за которое отметка затопления в расчётных створах достигает своего максимального значения. Помимо этого, обосновывается [5] вывод о достаточной степени достоверности при оценке состояния низконапорных гидроузлов Московской области и значительной простоте расчёта по методике Б.Л. Историка [6, 8], причём при определении значений максимальной глубины затопления наибольшие расхождения в результатах наблюдаются в створах, расположенных вблизи к створу плотины (от 0,3 до 14,6%).

Графоаналитический метод Б.Л. Историка прост в использовании и недорог, но работа с безразмерными графиками и определение осреднённого поперечного сечения рассматриваемого створа являются сравнительно сложным и трудоёмким процессом. Последние методы ориентированы, в основном, на случай отсутствия подпора в нижнем бьефе от нижерасположенной плотины.

Результаты исследований. Для апробации разработанных на кафедре ГТС основных принципов проведения детального анализа оценки безопасности ГТС низконапорного гидроузла с грунтовой плотинной в 2013-2015 гг. при оценке состоянии 20 прудовых гидроузлов мегаполиса было выполнено сравнение различных методов расчёта волны прорыва, позволяющих с приемлемой

точностью осуществлять предварительную экспертную оценку масштабов чрезвычайной ситуации, в случае прорыва напорного фронта столичных плотин. Для этого из числа существующих методик были выбраны 3 упрощённые: методика МЧС РФ, методика И.А. Секисовой и Г.М. Каганова, компиляционная зависимость В.И. Волкова.

В упрощённой методике МЧС РФ (методика ВНИИ ГОЧС) с программным комплексом «Волна» основными параметрами поражающего действия волны прорыва приняты максимальные: глубина затопления, ширина затопления и скорость течения, время прихода фронта, гребня и хвоста волны прорыва. Модификации программы «Волна» предназначены в основном для прогнозирования масштабов затопления местности и характеристик волны прорыва при разрушении средне и высоконапорных гидроузлов. В результате вычислений по программному комплексу приводятся данные о максимальном расходе воды в створе, высоте волны (превышение уровня воды над уровнем бытового потока) и максимальная отметка затопления. Площадь территорий и объекты, попадающие в зону затопления, устанавливаются путём нанесения на имеющуюся топографическую карту границ максимального возможного затопления, определённых в расчётных створах [7].

По методике И.А. Секисовой и Г.М. Каганова, глубина затопления в зависимости от основных параметров гидроузла и условий распространения волны прорыва в нижнем бьефе при аварии низконапорных горючих прудовых гидроузлов может быть определена по эмпирической формуле (1) [5], где начальные параметры устанавливаются в зависимости от принятого сценария аварии

$$h_{\max} = 2,5 W_{\text{вод}}^{-0,05} H_0^{0,98} n_0^{0,02} Q_0^{0,05} x^{-0,13}, \quad (1)$$

где h_{\max} – максимальная глубина волны прорыва, м; $W_{\text{вод}}$ – объём водохранилища ВБ до начала аварии, м³; H_0 – глубина водохранилища у плотины до начала аварии, м; n_0 – шероховатость русла верхнего бьефа; x – расстояние от створа плотины до створа наблюдений, м; Q_0 – расход воды в нижнем бьефе гидроузла до начала аварии, м³/с.

Анализ формулы (1) показывает, что она имеет ограничения и корректно применима только в следующем диапазоне изменения параметров: объём водохранилища $W_{\text{вод}}$ – от 50 до 5000 тыс. м³; глубина воды

в верхнем бьефе у плотины H_0 – от 2 до 20 м; расход воды в нижнем бьефе гидроузла до начала аварии Q_0 – от 1 до 100 м³/с; длина водохранилища – от 0,8 до 2 км при условии отсутствия подпора со стороны нижерасположенных ГТС; расстояние от створа плотины до рассматриваемого сечения x от 0,5 до 50 км; шероховатость n_0 от 0,02 до 0,2. При расчёте отводящее русло принимается призматической формы с треугольным поперечным сечением и постоянным продольным уклоном дна.

Сопоставительный анализ результатов расчётов для водоёмов мегаполиса показал, что при отсутствии данных, необходимых для использования формулы (1), для предварительной оценки масштабов вероятного

вреда и определения максимальных глубин затопления в расчетных створах нижнего бьефа каскада гидроузлов при гипотетической аварии на прудах урбанизированных территорий целесообразно использовать зависимость (2), предложенную В.И. Волковым:

$$h_{\max} = 0,34H_0 \left(\frac{x}{H_0}\right)^{-0,13} \quad (2)$$

В качестве характерного примера водного объекта столичного мегаполиса можно привести каскад прудов в «Чернево». Каскад прудов территориально находится на окраине города Москвы в ЮЗАО, к югу от МКАД – в районе Южное Бутово (рис. 1).

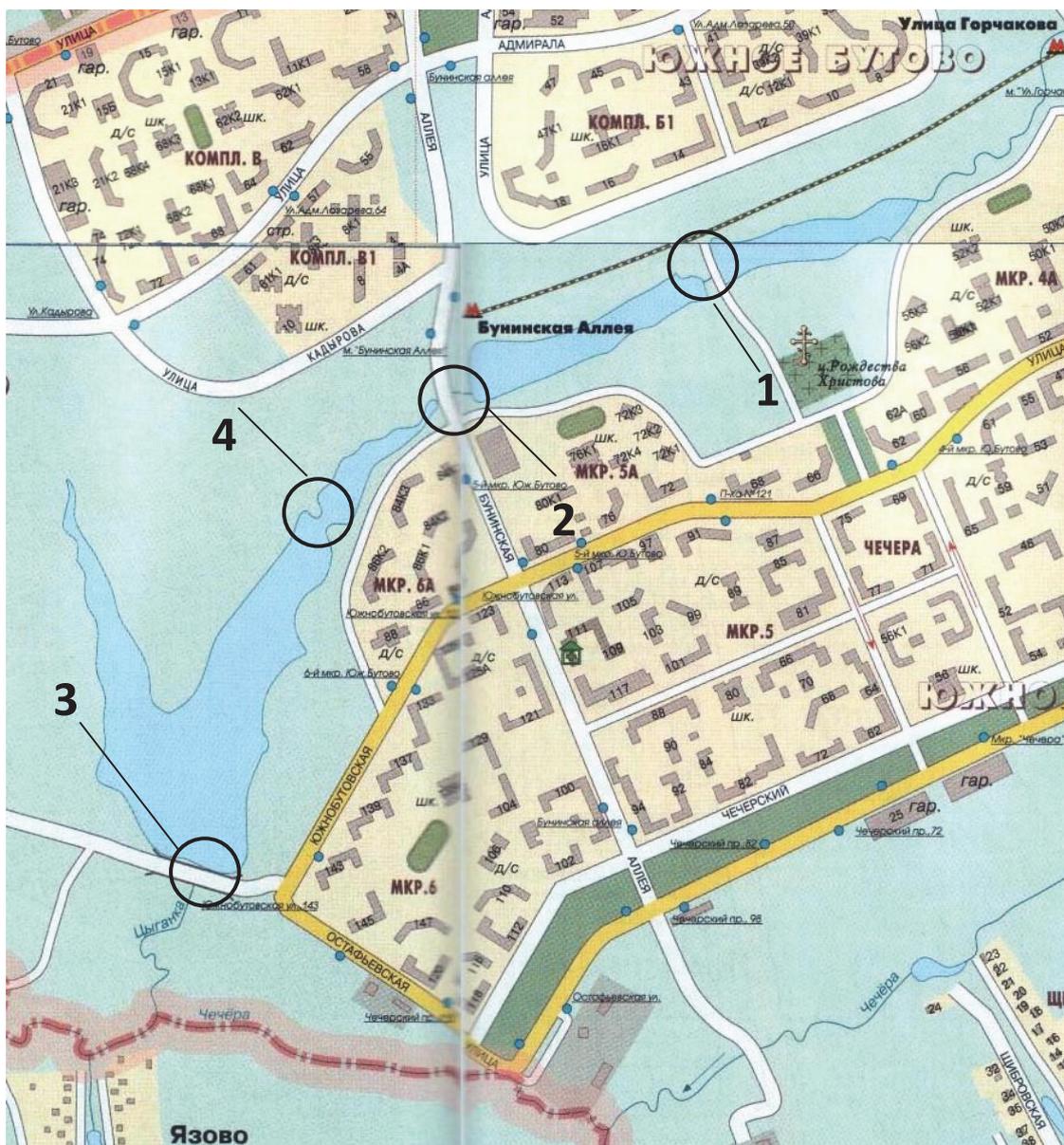


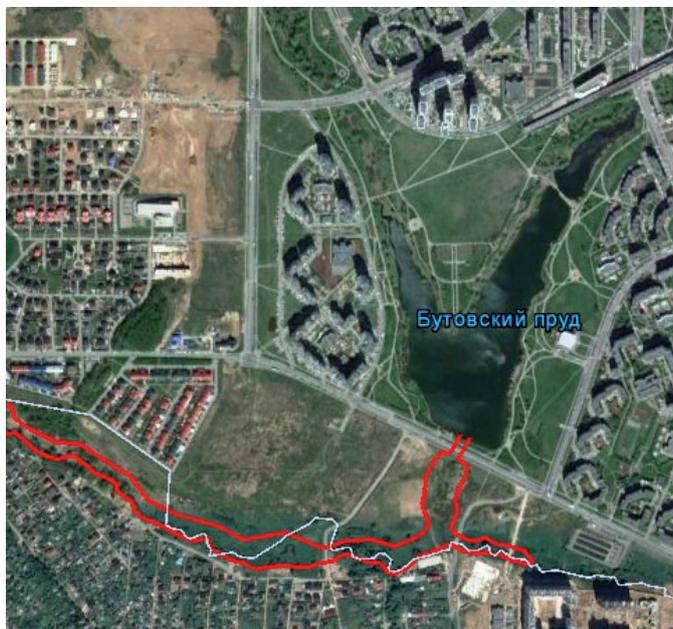
Рис. 1. Каскад прудов №№ 1, 2, 3 на р. Чуре в д. Чернево, Южное Бутово ЮЗАО г. Москвы. М 1:12500; 1, 2, 3 – створы плотин прудов №№ 1, 2, 3 соответственно; 4 – створ разрушенной плотины

В 2011-2014 гг. были проведены работы по очистке последнего и самого большого пруда № 3 каскада (длина – 900 м, максимальная ширина – 280 м, площадь зеркала – 15 га, средняя глубина – 2 м) и обустройству прилегающей парковой территории, практически не затрагивающие основные гидротехнические сооружения этого гидроузла: грунтовую плотину и закрытый водосброс (рис. 2а). Выполненные расчёты по определению параметров волны прорыва рассмотренными наиболее простыми инженерными методами, позволяющими оперативно оценивать степень опасности низконапорного гидроузла для нижнего бьефа наиболее крупных каскадов столичных прудов, по-

казали, что по самому наиболее вероятному и наиболее тяжёлому сценарию аварии максимальная глубина затопления нижнего бьефа в районе створа плотины может составить порядка 3,5...4 м. В нижнем бьефе пруда № 3 в Чернево на расстоянии 250 м от оси плотины, где ранее проходила граница с Московской областью и начинаются участки частных строений и городские новостройки, её величина может составлять около 2,3 м. Это грозит затоплением и значительным материальным ущербом частным домам микрорайона Язово, ЖК Новое Бутово и расположенным ниже по течению р. Цыганки садовым участкам и коттеджному посёлку Потапово (рис. 2б).



а



б

Рис. 2. Пруд № 3 каскада прудов в усадьбе «Чернево»:
а – остатки разрушенной плотины в верхней части пруда;
б – возможные границы зоны затопления в нижнем бьефе при гипотетическом прорыве плотины № 3 каскада (показаны красным цветом)

Расхождения между значениями h_{max} , подсчитанными по зависимостям (1) и (2), оказались для прудов мегаполиса незначительными: например, для каскада прудов в усадьбе «Чернево» они составляют менее 4...8%, а по программе МЧС достигают более 20% (рис. 3). Следует отметить, что для городских низконапорных гидроузлов на урбанизированной и густо застроенной территории, с забранными в коллекторы отводящими руслами водотоков расчёты по зависимостям (1) и (2) также следует считать приближёнными.

Выполненные практические расчёты и анализ вероятных ситуаций аварий позволили вычлнить ряд гидроузлов Москвы, в основном с прудами полукопанями или с плотинными прудами, у которых нижний бьеф засыпан и спланирован, и потому вероятность образования волны прорыва и зоны затопления ничтожно мала (Патриарший пруд, каскад Красногвардейских прудов, Владимирский пруд, Селезнёвский пруд, Большой Садовый пруд и др.).

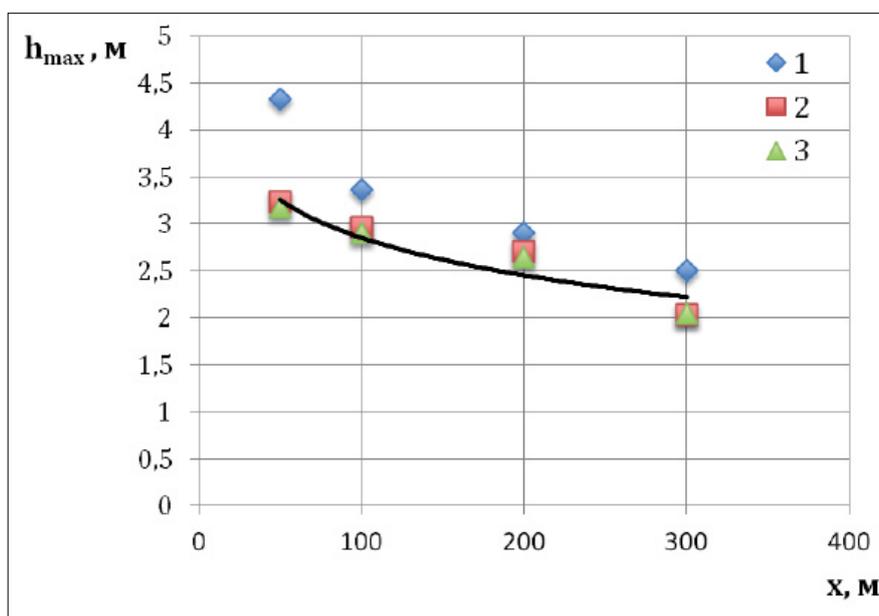


Рис. 3. График изменения максимальной глубины волны прорыва h_{max} в различных створах нижнего бьефа Черневского (Бутовского) гидроузла, подсчитанной: 1 – по методике ВНИИ ГОЧС [7]; 2 – по формуле И.А. Секисовой (1); 3 – по зависимости В.И. Волкова (2)

Выводы

Расчёты глубины затопления упрощёнными методами для мегаполиса, разработанные на кафедре гидротехнических сооружений РГАУ-МСХА применительно к низконапорным плотинам в агроландшафтах, удовлетворительно согласуются с результатами расчета по методикам, базирующимся на численных методах решения уравнения Сен-Венана, заложенных в программы «БОР», MIKE11 и MIKE21. Результаты расчета по методике ВНИИ ГОЧС заметно отличаются от рассмотренных методов. Для использования этой методики требуется её доработка, в особенности для урбанизированных территорий с интенсивной застройкой.

Представляется целесообразным для определения параметров волны прорыва при оперативном выполнении экспертных оценок в случае прорыва напорного фронта низконапорных гидроузлов при отсутствии подпора со стороны нижнего бьефа и объектов возможных разрушений (промышленного и жилого фонда), а также видов хозяйственных элементов, которые могут привести к реальному ущербу, применять формулу В.И. Волкова, являющуюся упрощённой аппроксимацией зависимости И.А. Секисовой и Г.М. Каганова.

Целесообразно для реальных высокозначимых водных объектов столицы провести расчёты и по другим методикам, бази-

рующимся на численных методах решения уравнения Сен-Венана. Требуется более детальная оценка ошибок расчета по этой методике при наименьшем числе допущений. При этом в дальнейшем желательно сопоставить полученные результаты с данными экспериментальных исследований и натуральных наблюдений.

В качестве необходимого элемента программы обеспечения безопасности ГТС Москвы нужна разработка полноценной системы постоянного мониторинга всех городских ГТС независимо от формы их собственности.

Считаем, что расчет по определению параметров возможной волны прорыва, зоны затопления, а затем и ущербов для ряда основных каскадных гидроузлов мегаполиса, находящихся на вновь присоединённых или трансграничных с областью территориях, является обязательным и целесообразным, так как в зону катастрофического затопления могут попасть жилой фонд, промышленные зоны, складские помещения, автодороги, ценные земельные угодья, лесные массивы, ООПТ и другие объекты, затопление которых может причинить ущерб третьим лицам.

Библиографический список

1. Алтунин В.И., Черных О.Н. Оценка безопасного состояния низконапорных гидроузлов в Москве // Вестник МАДИ. – 2014. – № 2. – С. 81-87.

2. Черных О.Н., Волков В.И., Сабитов М.А., Алтунин В.И. О некоторых аспектах оценки размера вероятного вреда в результате аварии гидротехнических сооружений // Природообустройство. – 2014. – № 4. – С. 46-52.

3. Черных О.Н., Алтунин В.И. Особенности технического мониторинга прудов на территории центра Москвы // Природообустройство. – 2015. – № 1. – С. 66-71.

4. О безопасности гидротехнических сооружений: Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 117-ФЗ (ред. от 28.12.2013 г.) [Электронный ресурс]. – URL: <http://focdoc.ru/article/a-43.html> (Дата обращения – 16.05.2014 г.).

5. Каганов Г.М., Волков В.И., Секисова И.А. Приближённая оценка глубины затопления территории в нижнем бьефе при прорыве напорного фронта низконапорных гидроузлов // Гидротехническое строительство. – 2010. – № 4.

6. Школьников С.Я., Секисова И.А. Опыт математического моделирования гидродинамических аварий и оценка вызванных ими ущербов // Гидротехническое строительство. – 2008. – № 10. – С. 48-55.

7. Пчёлкин В.И. Безопасность зданий и сооружений в зоне гидродинамических аварий на гидротехнических сооружениях. Тех-

нологии гражданской безопасности // Вестник ФЦ «ВНИИ ГОЧС». – 2004. – № 2(4).

8. Волков В.И., Черных О.Н., Алтунин В.И., Секисова И.А. Оценка условий и последствий прорыва напорного фронта речного гидроузла: Учебное пособие. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. – 180 с.

Материал поступил в редакцию 18.01. 2016 г.

Сведения об авторах

Черных Ольга Николаевна, кандидат технических наук, профессор кафедры «Гидротехнические сооружения», ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Б. Академическая, д. 44; тел.: 8 (499) 190-53-43; e-mail: gtsmgup@mail.ru

Волков Владимир Иванович, кандидат технических наук, профессор кафедры «Гидротехнические сооружения», ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Б. Академическая, д. 44; тел.: 8 (499) 153-86-48; e-mail: volcov_vi45@mail.ru

Бурлаченко Алена Владимировна, специалист АО «Мерседес-Бенц РУС»; 125167, Москва, Ленинградский пр-т, 39А; тел.: 8 (499) 6180514; e-mail: alena.burlachenko@daimler.com

O.N. CHERNYH, V.I. VOLKOV

Federal state budget educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev»

A.V. BURLACHENKO

АО «Mercedes-Bents RUS», Moscow

PROBLEMS OF SAFETY OF DOWNSTREAM TERRITORIES OF THE CAPITAL PONDS

There are considered various issues and approaches to assessing the safety of downstream low pressure metropolitan waterworks and parameters of waves breaking at a possible failure of hydraulic structures under the conditions of the existing urban infrastructure and in areas joined to the city. It is noted that calculation of parameters of the wave break and areas of possible flooding is one of the major components of the GTS safety Declaration, whether it is a large hydroelectric unit or a small recreational dammed reservoir in the megalopolis territory. It was found that both foreign and domestic software developments on calculation of wave break parameters do not always pass the required tests set for low pressure hydraulic units being the prevailing majority in the capital city, they have some difficulties for usage both for designers and operation specialists. There are given comparison results of the calculated data developed by simplified methods at the GTS Department with the calculation data made on program complexes proposed by NIIES and VNI GOCHS (Institute of Civil Defense and Emergencies). There is shown a prospect of transition to purely empirical dependencies for assessment of the accident dynamics in Moscow taking into account the location of the dam in the cascade and absence of support in the low pond from the downstream hydraulic unit.

Safety, area of the low pond, scenario of the accident, breakage wave, flood zone, cascade of ponds, depth of flooding, damage in the accident.

References

1. Altunin V.I., Chernyh O.N. Otsenka bezopasnogo sostoyania nizkonapornyh gidrouzlov v Moskve // Vestnik MADI. – 2014. – № 2. – S. 81-87.

2. Chernyh O.N., Volkov V.I., Sabitov M.A., Altunin V.I. O nekotorykh aspektah otsenki razmera veroyatnogo vreda v resul'tate аварии gidrotehnicheskikh sooruzhenij // Prirodoobustrojstvo. – 2014. – № 4. – S. 46-52.

3. Chernyh O.N., Altunin V.I. Osobennosti tehničeskogo monitoring prudov na territorii tsentra Moskvy // Prirodoobustrojstvo. – 2015. – № 1. – S. 66-71.

4. O bezopasnosti gidrotehnicheskikh sooruzhenij: Federal'ny zakon ot 21.07.1997 g. № 117-FZ (red. ot 28.12.2013 g.) [Electronny resurs]. – URL: <http://focdoc.ru/article/a-43.html> (Data obrashcheniya – 16.05.2014 g.).

5. Kaganov G.M., Volkov V.I., Sekisova I.A. Priblizhennaya otsenka glubiny zatopeniya territorii v nizhnem bjefe pri proryve napornogo fronta nizkonapornyh gidrouzlov // Gidrotehnichaskoye stroitel'jstvo. – 2010. – № 4.

6. Shkol'nikov S.Ya., Sekisova I.A. Opyt matematicheskogo modelirovaniya gidrodinamicheskikh аварий i otsenka vyzvannykh imi ushcherbov // Школьников С.Я., Секисова И.А. Опыт математического моделирования гидродинамических аварий и оценка вызванных ими ущербов // Gidrotehnichaskoye stroitel'jstvo. – 2008. – № 10. – S. 48-55.

7. Pchelkin V.I. Bezopasnostj zdaniy i sooruzhenij v zone gidrodinamicheskikh аварий na gidrotehnicheskikh sooruzheniyah. Tehnologii grazhdanskoj bezopasnosti // Vestnik FTS «VNII GOCHS». – 2004. – № 2(4).

8. Volkov V.I., Chernyh O.N., Altunin V.I., Sekisova I.A. Otsenka uslovij i posledstvij proryva napornogo fronta rechnogo gidrouzla: Uchebnoe posobie. – M.: Izd-vo RGAU-MSHA, 2015. – 180 s.

The material was received at the editorial office
18.01. 2016

Information about the authors

Chernyh Olga Nikolaevna, candidate of technical sciences, professor of the chair «Hydraulic engineering structures», FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. B Academicheskaya, d. 44; tel.: 8 (499) 190-53-43; e-mail: gtsmgup@mail.ru

Volkov Vladimir Ivanovich, candidate of technical sciences, professor of the chair «Hydraulic engineering structures», FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. B Academicheskaya, d. 44; tel.: 8 (499) 153-86-48; e-mail: volcov_vi45@mail.ru

Burlachenko Alena Vladimirovna, specialist AO «Mercedes-Bents RUS»; 125167, Moscow, Leningradsky prospect, 39A; tel.: 8 (499) 6180514; e-mail: alena.burlachenko@daimler.com

УДК 502/504:627.8:624.012.4

К.Е. ФРОЛОВ

Публичное акционерное общество «РусГидро», г. Москва

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ С СИСТЕМОЙ ВНЕШНЕГО АРМИРОВАНИЯ УГЛЕРОДНЫМИ КОМПОЗИТНЫМИ ЛАМЕЛЯМИ

В целях обоснования применения технологии внешнего армирования на основе композитных материалов из углеродного волокна были проведены экспериментальные исследования напряженного состояния и прочности железобетонных конструкций, усиленных углеродными композитными ламелями. С учетом характерных особенностей массивного гидротехнического железобетона были изготовлены серии железобетонных моделей балочного типа без усиления и усиленные углеродными композитными ламелями. При этом элементы усиления (углеродные композитные ламели) наклеивались на нижнюю растянутую грань моделей. Для контроля за состоянием железобетонных моделей в ходе экспериментов устанавливалась контрольно-измерительная аппаратура. Экспериментальные исследования проводились на специально оборудованном силовом стенде на действие изгибающего момента. В ходе испытаний нагрузка прикладывалась ступенями по 10% от величины нагрузки разрушения моделей. В результате испытаний определялись нагрузки разрушения контрольных моделей без усиления и моделей, усиленных внешним армированием. При анализе полученных результатов определялось повышение прочности железобетонных конструкций, усиленных углеродными композитными ламелями, в сравнении с конструкциями без усиления. Таким образом, было получено повышение прочности железобетонных конструкций гидросооружений в 1,5-2 раза за счет применения углеродных композитных ламелей.

Гидротехнические сооружения; железобетонные конструкции, внешнее армирование, технология усиления, композитные материалы, углеродные композитные ламели, экспериментальные исследования, железобетонные модели, изгибающий момент.

Введение. В настоящее время широкое применение находит технология усиления железобетонных конструкций системами внешнего армирования на основе композитных материалов из углеродного волокна [1-7]. Авторами предлагается выполнять усиление железобетонных конструкций гидротехнических сооружений системой внешнего армирования с использованием углеродных композитных ламелей.

В целях обоснования технологии усиления железобетонных конструкций гидротехнических сооружений проводились экспериментальные исследования на основе моделей характерных конструкций гидротехнических сооружений, усиленных углеродными композитными ламелями, при действии изгибающего момента с учетом опыта моделирования железобетонных конструкций гидросооружений [8-9].

Материалы и методы. Для моделирования были приняты характерные железобетонные конструкции гидротехнических сооружений, отличающиеся значительными габаритами, сравнительно не-

высокими классами бетона и процентами армирования.

Таким образом, были разработаны конструкции моделей балочного типа, имеющие длину 2,15 м, размеры поперечного сечения 30 x 15 см (рис. 1).

Армирование моделей принималось в виде 2-х диаметров 10 мм (процент армирования – 0,39%) и 3-х диаметров 12 мм (процент армирования – 0,83%) из арматуры класса А500С. Бетон моделей принимался, соответственно, классов В15 и В25.

Модели с одинаковыми параметрами изготавливались в двух экземплярах для подтверждения достоверности полученных результатов. В целях сопоставления изготавливались модели железобетонных конструкций без усиления и усиленные углеродными композитными ламелями.

Усиление моделей железобетонных конструкций выполнялось углеродными композитными ламелями типа FibArm-Lamel 120/50. Толщина ламелей принималась равной 1,2 мм, ширина – 50 мм. Ламели наклеивались на нижней растя-

нутой грани модели специальным двухкомпонентным клеем типа FibArmResinLaminate+. На участках моделей, расположенных за пределами зоны «чистого изгиба» у опор, продольные углеродные ламели закреплялись поперечными хомутами из углеродной ленты FibArmTape 230/300 шириной 300 мм, чтобы избежать преж-

временного отрыва ламелей от конструкции по контакту между бетоном и ламелью в средней части пролета (рис. 2). Нормативная прочность ламелей при растяжении равняется 2800 МПа, расчетная прочность в составе конструкции (с учетом клеевой прослойки, контакта с бетоном) составляет около 1250 МПа.

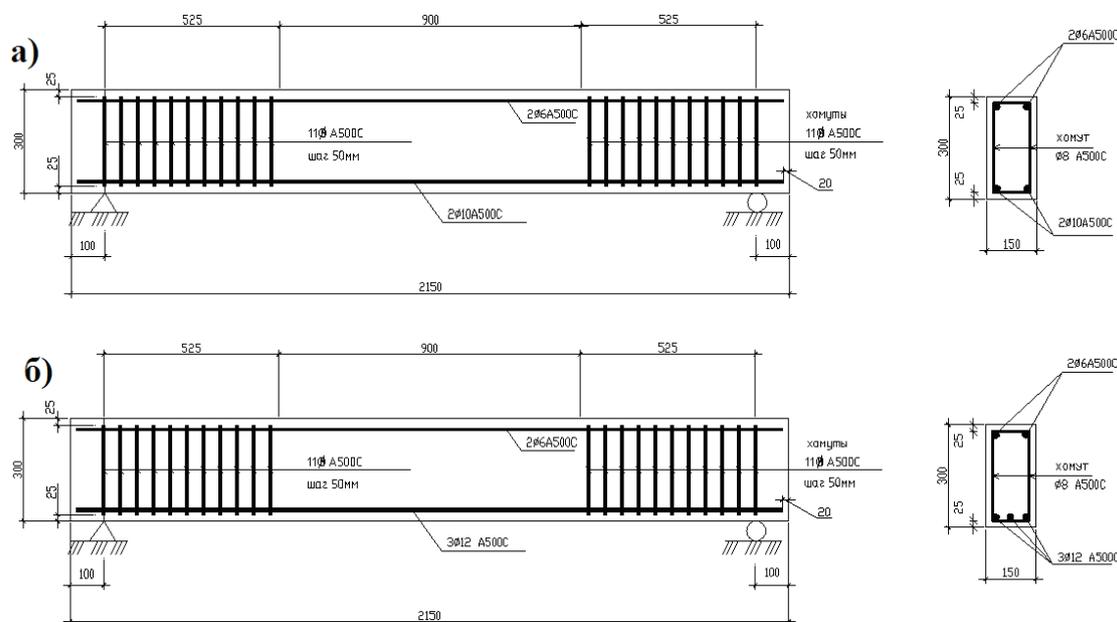


Рис. 1. Конструкция железобетонных моделей

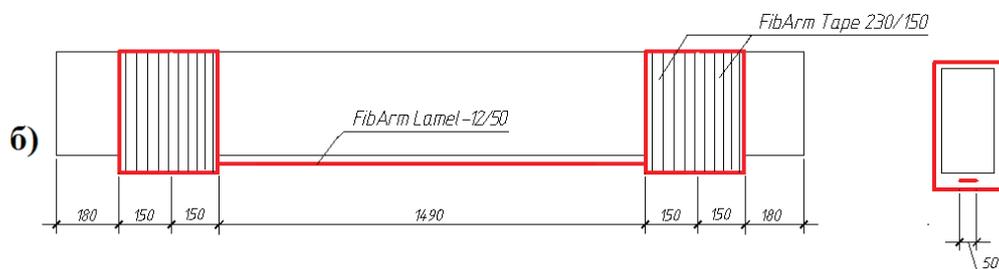


Рис. 2. Схема оклейки железобетонных моделей углеродными ламелями

Для определения фактических физико-механических характеристик бетона моделей (прочности на сжатие и на растяжение, модуля деформаций) из того же бетона, что и модели изготавливался набор стандартных контрольных образцов: кубиков размером 100 x 100 x 100 мм; призм размером 100 x 100 x 400 мм; цилиндров диаметром 150 мм и высотой 150 мм.

В целях наблюдений за величинами деформаций моделей в процессе экспериментов они оснащались контрольно-измерительной аппаратурой. В том числе для измерения величин прогибов моделей применялись индикаторы часового типа ИЧ-10 с ценой деления 0,01 мм. Индикаторы устанавливались на лицевой грани: на опорах

(И1 и И3) и в центре пролета (И2) – и на тыловой грани: на опорах (И4 и И6) и в центре пролета (И5) (рис. 3).

Относительные деформации элементов усиления – ламелей – измерялись посредством тензорезисторов с базой измерений 50 мм (рис. 3). При этом тензорезисторы наклеивались «цепочкой» на одной из симметричных половин зоны действия «чистого изгиба» (между двумя силами).

В ходе испытаний модели помещались внутрь силовой рамы и устанавливались на опоры (одна – подвижная, другая – неподвижная), воспроизводящие «свободное» опирание конструкции. При этом длина пролета составляла 1,95 м. Вертикальная нагрузка прикладывалась

гидродомкратом, расположенном в центре пролета, с передачей нагрузки на модель в двух точках на расстоянии 0,45 м от цен-

тра каждая посредством горизонтальной траверсы. Схема испытаний представлена на рисунке 3.

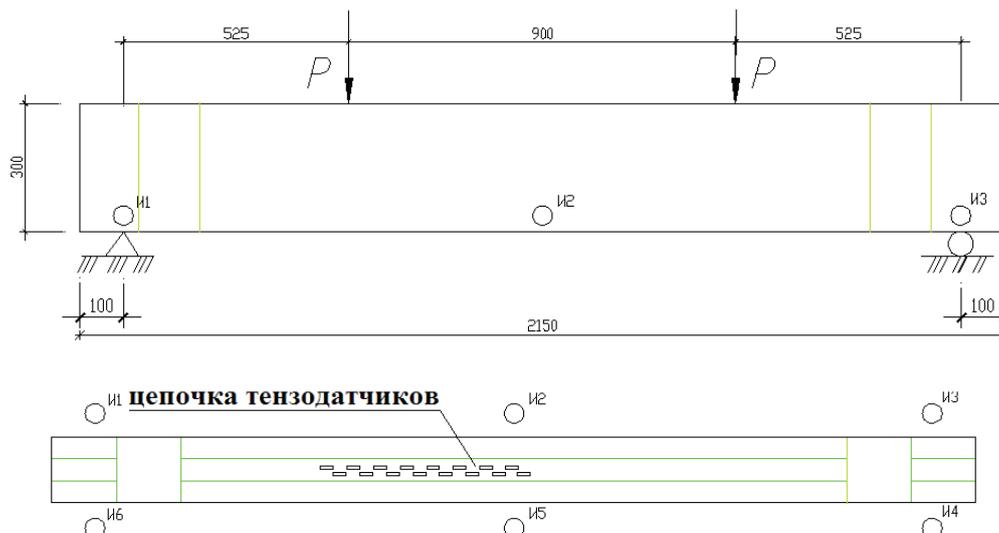


Рис. 3. Схемы испытаний и оснащения железобетонных моделей контрольно-измерительной аппаратурой

В соответствии с действующими нормами опытная нагрузка прикладывалась ступенями, составляющими 10% от разрушающей нагрузки. При этом на каждом этапе нагружения модель выдерживалась не менее 15 мин, после чего снимались показания приборов.

Трещинообразование в моделях регистрировалось посредством микроскопа отсчетного МПБ-2.

Разрушение железобетонных моделей без усиления принималось при наступле-

нии текучести в арматуре. Разрушение железобетонных моделей, усиленных углеродными ламелями, принималось при отрыве ламелей от бетона или при разрушении бетона сжатой зоны конструкции.

Следует упомянуть, что были проведены специальные исследования влияния водной среды на прочность бетонных образцов (призм и кубиков), усиленных углеродными ламелями, которые дали положительные результаты.



Рис. 4. Вид испытания железобетонной модели

Результаты и обсуждение. Полученные в ходе результаты эксперименталь-

ных исследований железобетонных моделей гидросооружений представлены в таблице.

Результаты экспериментальных исследований железобетонных моделей гидросооружений, усиленных композитными материалами

№ п/п	Наименование модели	Установка элементов усиления	Прочность бетона на сжатие, МПа	Разрушающая нагрузка, кН.м	$\frac{M_{\text{эксп.}}}{M_{\text{расч.}}}$
Бетон В15, армирование 2Ø10А500С					
1	Б-И15-1	Без усиления	25,80	46,20	1,14
2	Б-И15-2		15,90	43,58	1,09
3	Б-И15-5	Усиление углеродной ламелью	20,50	84,58	2,15
4	Б-И15-6		20,50	84,00	2,13
Бетон В25, армирование 3Ø12А500С					
5	Б-И25-1	Без усиления	29,50	87,05	1,03
6	Б-И25-6		36,50	87,05	1,03
7	Б-И25-2	Усиление углеродной ламелью	38,70	131,56	1,53
8	Б-И25-3		33,10	125,32	1,46

Как это следует из таблицы, разрушение железобетонных моделей, имеющих армирование 2 диаметра 10 мм и, соответственно, процент армирования 0,39%, изготовленных из бетона класса В15 без усиления, происходило при величине изгибающего момента 46,2 и 43,58 кН.м.

Железобетонные модели, имеющие армирование 2 диаметра 10 мм и, соответственно, процент армирования 0,39%, изготовленные из бетона класса В15, усиленные углеродными композитными ламелями, разрушились при величине изгибающего момента 84,58 и 84,0 кН.м.

Разрушение железобетонных моделей, имеющих армирование 3 диаметра 12 мм и, соответственно, процент армирования 0,83%, изготовленных из бетона класса В25 без усиления, происходило при величине изгибающего момента 87,05 кН.м.

Железобетонные модели, имеющие армирование 3 диаметра 12 мм и, соответственно, процент армирования 0,83%, усиленные углеродными композитными ламелями, изготовленные из бетона класса В25, разрушились при величине изгибающего момента 131,56 и 125,32 кН.м.

Расчетные значения разрушающей нагрузки для опытных балок определялись в соответствии с методикой действующих нормативных документов (СП 41.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений» Актуализированная редакция СНиП 2.06.08-87) при фактической величине прочности бетона для каждой балки (определяемой путем испытаний контрольных бетонных образ-

цов) и при напряжениях текучести в арматуре моделей.

Как следует из таблицы, отношение экспериментальных значений разрушающей нагрузки к расчетным значениям составило для моделей Б-И15-1 и Б-И15-2 (изготовленных без усиления) 1,14 и 1,09; для моделей Б-И15-5 и Б-И15-6 (усиленных углеродными композитными ламелями) – 2,15 и 2,13; для моделей Б-И25-1 и Б-И25-6 (изготовленных без усиления) – 1,03; для моделей Б-И25-2 и Б-И25-3 (усиленных углеродными композитными ламелями) – 1,53 и 1,46.

Выводы

1. Для обоснования применения внешнего армирования углеродными композитными ламелями были разработаны (и далее изготовлены) модели характерных железобетонных конструкций гидротехнических конструкций из бетонов классов В15 и В25 с двумя вариантами армирования (2 диаметра 10 мм (0,39%) и 3 диаметра 12 мм (0,83%) класса А500С).

2. Железобетонные модели без усиления и усиленные углеродными композитными ламелями, оснащенные контрольно-измерительной аппаратурой, были испытаны на действие изгибающего момента. Выполнено сравнение опытных значений разрушающей нагрузки с расчетными значениями, определенными в рамках методики нормативных документов при фактических прочностных характеристиках бетона и арматуры моделей.

3. Проведенные экспериментальные исследования показали, что за счет усиления

ния углеродными композитными ламелями прочность железобетонных конструкций из бетона В15 с армированием 0,39% повысилась в среднем в 2,14 раза; прочность железобетонных конструкций из бетона В25 с армированием 0,83% повысилась в среднем в 1,5 раза.

4. Результаты экспериментальных исследований прочности железобетонных конструкций, усиленных углеродными композитными ламелями, показали целесообразность применения технологии внешнего армирования углеродными ламелями в гидротехническом строительстве.

Библиографический список

1. Jian-heXie, Ruo-linHu. Experimental study on rehabilitation of corrosion-damaged reinforced concrete beams with carbon fiber reinforced polymer // *Construction and Building Materials*. 38 (2012). P. 708-716.
2. EhabHamed, Mark A., Bradford. Flexural time-dependent cracking and post-cracking behaviour of FRP strengthened concrete beams // *International Journal of Solids and Structures*. 49 (2012) P. 1595-1607.
3. YinZhiZhou, MingKang Gou, Fengyu Zhang, Shoujun Zhang, Dan Wang. Reinforced concrete beams strengthened with carbon fiber reinforced polymer by friction hybrid bond technique: Experimental investigation // *Materials and Design*. 50 (2013). P. 130-139.
4. Сердюк А.И., Чернявский В.Л. Опыт усиления строительных конструкций композиционными материалами при реконструкции Баксанской ГЭС // *Гидротехника*. – 2013. – № 3 (32). – С. 115-117.
5. Козырев Д.В., Симохин А.С., Чернявский В.Л., Осмак П.П. Ремонт участков напорного коллектора композитными материалами // *Монтажные и специальные работы в строительстве*. – 2009. – № 9. – С. 2-5.
6. Александров А.В., Рубин О.Д., Лисичкин С.Е., Балагуров В.Б. Расчетное обоснование и технические решения по усилению железобетонных конструкций ГЭС (ГАЭС), имеющих трещины различного направления, при действии комплекса нагрузок // *Строительная механика инженерных конструкций и сооружений*. – 2014. – № 6. – С. 50-54.
7. Рубин О.Д., Лисичкин С.Е., Балагуров В.Б., Александров А.В. Новая технология ремонта ГЭС посредством армирования композитными материалами // *Известия ВНИИГ*. – 2016. – Т. 280. – С. 3-10.
8. Лисичкин С.Е., Рубин О.Д., Ляпин О.Б., Нефедов А.В. Исследования бетонных и железобетонных энергетических сооружений // *Гидротехническое строительство*. – № 8/9. – 1999. – С. 22-28.
9. Лисичкин С.Е., Рубин О.Д., Камнев Н.М. Экспериментальное обоснование узла распределителя к напорному водоводу здания ГЭС гидроузла Аль Вахда // *Гидротехническое строительство*. – 1998. – № 6. – С. 52-56.

Материал поступил в редакцию 29.09.2016 г.

Сведения об авторе

Фролов Кирилл Евгеньевич, заместитель генерального директора по научно-проектной деятельности, ПАО «РусГидро»; 127006, г. Москва, ул. Малая Дмитровка, д. 7; тел.: 8-800-333-80-00, доб. 1643; e-mail: FrolovKE@rushydro.ru

K.E. FROLOV

Public Joint-stock company «Rushydro», Moscow

EXPERIMENTAL RESEARCH OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES OF HYDROTECHNICAL CONSTRUCTIONS WITH THE SYSTEM OF EXTERNAL REINFORCEMENT BY CARBON COMPOSITE LAMELS

A way to strengthen concrete structures by additional external reinforcement using carbon fiber composites is spreading widely in recent years. In most cases this refers to civil engineering. Despite this fact there are only few examples of using an external reinforcement of composite materials for strengthening structures in hydraulic engineering. In order to justify the application of the technology of external reinforcement using composite materials based on carbon fiber several experimental researches of stress state and durability of reinforced concrete structures with carbon composite lamels were carried out recently. Taking into account the specific characteristics of massive hydraulic concrete structures, series of models of reinforced concrete beam were made with and without strengthening by carbon composite lamels. The reinforcing

elements (carbon composite lamels) were glued to the lower stretched surface of the models. Process-control instruments were used during the experiments in order to monitor the condition of strengthened concrete models. The experimental studies were done on a specially equipped test stand which explores the action of the bending moment. During the tests load was applied step-by-step with each step of 10% of the determined load need for destructing the models. As a result of the tests, load indicators of destructing the control models, with and without strengthening by the external reinforcement, were specified. During the analysis of the results obtained an increasing of durability of concrete structures with reinforcing by carbon fiber composites was determined, in comparison with the structures without reinforcement. Therefore, an increasing of durability of the reinforced concrete structures of hydrotechnical constructions in 1.5-2 times due was reached through the use of carbon composite lamels.

Hydrotechnical constructions; reinforced concrete structures; external reinforcement; reinforcement technology; composite materials; carbon composite lamel; experimental research; reinforced concrete model; bending moment.

References

1. Jian-heXie, Ruo-linHu. Experimental study on rehabilitation of corrosion-damaged reinforced concrete beams with carbon fiber reinforced polymer // Construction and Building Materials. 38 (2012). P. 708-716.
2. EhabHamed, Mark A., Bradford. Flexural time-dependent cracking and post-cracking behaviour of FRP strengthened concrete beams // International Journal of Solids and Structures. 49 (2012) P. 1595-1607.
3. YinzhiZhou, Mingkang Gou, Fengyu Zhang, Shoujun Zhang, Dan Wang. Reinforced concrete beams strengthened with carbon fiber reinforced polymer by friction hybrid bond technique: Experimental investigation // Materials and Design. 50 (2013). P. 130-139.
4. Serdyuk A.I., Chernyavsky V.L. Opyt usileniya stroitelnyh constructсий kompozitsionnymi materialami pri reconstructsii Baksanskoj GES // Gidrotehnika. – 2013. – № 3 (32). – S. 115-117.
5. Kozyrev D.V., Simohin A.S., Chernyavsky V.L., Osjmak P.P. Remont uchastkov v stroiteljstve. – 2009. – № 9. – S. 2-5.
6. Alexandrov A.V., Rubin O.D., Lisichkin S.E., Balagurov V.B. Raschetnoe obosnovanie I tehivheskie resheniya po usileniyu zhelezobetonnyh constructсий GES (GAES), imeyushchih treshchiny razlichnyh napravlenogo napravleniya, pri deistvii complexa nagruzok // Stroiteljnaya mehanika inzhenernyh constructсий i sooruzhenij. – 2014. – № 6. – S. 50-54.
7. Rubin O.D., Lisichkin S.E., Balagurov V.B., Alexandrov A.V. Novaya tehnologiya remonta GTS posredstvom armirovaniya kompozitnymi materialami // Izvestiya VNIIG, – 2016. – T. 280. – S. 3-10.
8. Lisichkin S.E., Rubin O.D., Lyapin O.B., Nefedov A.V. Issledovaniya betonnyh i zhelezobetonnyh energeticheskikh sooruzhenij // Gidrotehnicheskoe stroiteljstvo. – № 8/9. – 1999. – S. 22-28.
9. Lisichkin S.E., Rubin O.D., Kamnev N.M. Experimentalnoe obosnovanie uzla raspredelitelya k napornomu vodovodu zdaniya GES gidrouzla Alj Vakhda // Gidrotehnicheskoe stroiteljstvo. – 1998. – № 6. – S. 52-56.

The material; was received at the editorial office
29.09.2016;

Information about the author

Frolov Kirill Yevgenjevich, deputy general director on research – design activity. PAO «RusHydro»; 127006, Moscow, ul. Malaya Dmitrovka, d. 7; tel.: 8-800-333-80-00, ext. 1643; e-mail: FrolovKE@rushydro.ru

УДК 502/504:532.5

АЛИ МУНЗЕР СУЛЕЙМАН, Д.С. БЕГЛЯРОВФедеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва**МОДЕЛЬ РАСЧЕТНОГО ОБОСНОВАНИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСХОДА В КАСКАДЕ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ПУТЕМ ДРОССЕЛИРОВАНИЯ НАПОРА**

В статье приводится описание разработанной методики расчета и алгоритм, позволяющий проводить расчеты по регулированию расхода в каскаде насосных станций путем дросселирования напора. Опыт эксплуатации насосных станций показывает [1], что основные повреждения и аварии насосных агрегатов происходят при переходных процессах, пусках и остановках, которые в соответствии с графиком работы могут назначаться по несколько раз в сутки, а также при аварийном отключении электродвигателей от энергосистемы. Поэтому при проектировании насосных станций необходимо комплексно учитывать работу напорного тракта и технологического оборудования и назначать схемы и состав сооружений, основываясь на расчетах и анализе переходных процессов с учетом статических и динамических характеристик насосов и электродвигателей. Целью исследований является разработка рекомендаций по проектированию каскадов оросительных насосных станций, работающих по последовательной схеме без промежуточной емкости, касающихся определения параметров напорной системы и противоударных устройств. Для достижения поставленной цели необходимо решить задачу регулирования расхода в каскаде путем дросселирования напора.

Каскад насосных станций, напор, расход, коэффициент гидравлического сопротивления, дроссельные регулирующие устройства, переходные процессы.

Введение. В каскаде работают две насосные станции без промежуточного бассейна с двумя дроссельными регулирующими устройствами на каждой ступени подъема.

Рассматриваются две схемы увеличения напора во всасывающих патрубках насосов второй ступени: симметричная и несимметричная.

Несмотря на значительное число работ, посвященных насосам и насосным станциям, в технической литературе известны только несколько работ, в которых нашли отражения все эти вопросы для каскадов насосных станций без промежуточной емкости.

Материалы и методы исследований. Схема двухступенчатого водоподъема без промежуточной емкости у второй ступени принимается по следующим причинам:

- ввиду стесненных рельефных и, как правило, сложных геологических условий, исключающих размещение регулирующей емкости и затрудняющих устройство сброса у второй ступени подъема;

- ввиду необходимости по условиям эксплуатации и энергосбережения компенсировать различие в характеристиках насосов обеих станции их саморегулированием.

Схема работы основного оборудования «Насос в насос» без промежуточного регули-

рующего бассейна обуславливает работу обеих станций в одинаковом режиме. При изменении напора и расхода автоматически без вмешательства персонала устанавливается новый режим работы насосов.

Двухступенчатые каскады насосных станций (НС) без промежуточного бьефа между ступенями подъема имеют две основные особенности по сравнению с каскадами с промежуточным бьефом, которые осложняют их проектирование и эксплуатацию.

Первая особенность связана с затруднениями, вызванными необходимостью обеспечения в установившихся и переходных режимах определенного диапазона изменения движения на входе насосов второй ступени, ограниченного, с одной стороны, условием бескавитационной работы насосов, с другой стороны – величиной допустимого давления.

Вторая особенность обусловлена более сложным характером протекания переходных процессов, большим количеством расчетных возмущений, способных вызвать опасные изменения давления в напорной системе, и связанной с этим недостаточной разработанностью методов расчета этих процессов.

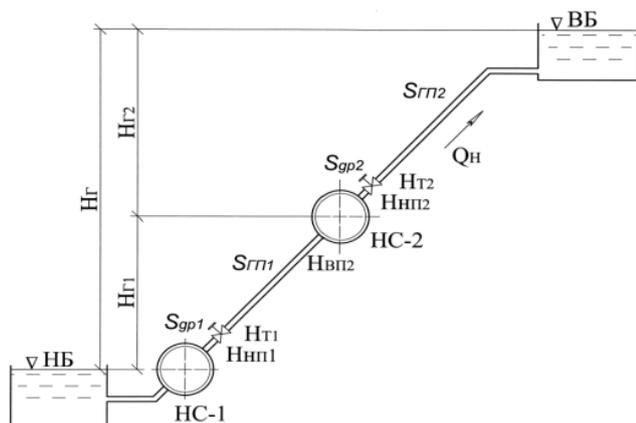


Рис. Схема двухступенчатого каскада насосных станций без промежуточной емкости

Составим следующие уравнения баланса напоров в каскаде из 2-х НС без промежуточного бассейна с двумя дроссельными регулирующими устройствами на каждой ступени подъема (рис. 1):

$$H_n = H_{н1} = H_{н2} = S_0 + S_1 \cdot Q_n + S_2 \cdot Q_n^2, \quad (1)$$

$$H_{н2} = H_{нп2} - H_{ен2}, \quad (2)$$

$$H_{Т2} = H_z + S_{з2} \cdot Q_n^2, \quad (3)$$

$$H_{с1} = H_{ен2} + S_{с1} \cdot Q_n^2, \quad (4)$$

$$H_{Т1} = H_{н1} + S_{gp1} \cdot Q_n^2, \quad (5)$$

$$H_{Т2} = H_{нп2} - S_{gp2} \cdot Q_n^2, \quad (6)$$

где $H_{н1}$ и $H_{н2}$ – напоры насосов на НС-1 и НС-2; $H_{нп2}$ и $H_{вп2}$ – напор в напорном и всасывающем патрубках насоса 2-й ступени, м; $H_{Г}$ – геодезический напор, м; $H_{Т1,2}$ – напор в начале трубопроводов 1-й и 2-й ступеней, м; $S_{gp1,2}$ – коэффициенты гидравлический сопротивлений дроссельных регулирующих устройств, зависящие от положения регулирующих органов c^2/m^5 ; S_0, S_1, S_2 – эмпирические коэффициенты [2]; Q_n – расход насоса, m^3/c .

Исключая из уравнений (1...6) все переменные, кроме Q_n , получим следующее уравнение:

$$(S_{с1} + S_{з2} + S_{gp1} + S_{gp2} - S_2) \cdot Q_n^2 - 2S_1 Q_n + H_z - 2S_0 = 0. \quad (7)$$

Из уравнения (7) следует, что расход в каскаде НС зависит от суммы коэффициентов гидравлических сопротивлений дроссельных регулирующих устройств ($S_{gp1} + S_{gp2}$), т.е. расход можно регулировать любым из двух дроссельных устройств либо обоими одновременно.

Решая уравнение (7), получим

$$Q_n = \frac{S_1 + \sqrt{S_1^2 - (S_{с1} + S_{з2} + S_{gp1} + S_{gp2} - S_2) \cdot (H_z - 2S_0)}}{S_{с1} + S_{з2} + S_{gp1} + S_{gp2} - S_2}. \quad (8)$$

При полностью открытых регулирующих органах ($S_{gp1} \approx S_{gp2} = 0$) расход в каскаде насосных станций вычисляется по формуле:

$$Q_{н0} = \frac{S_1 + \sqrt{S_1^2 - (S_{с1} + S_{з2} - S_2) \cdot (H_z - 2S_0)}}{S_{с1} + S_{з2} - S_2}. \quad (9)$$

При регулировании расхода в системе изменяются напоры. Рассмотрим два случая.

1. Расход регулируется дроссельным устройством на первой ступени каскада. Дроссельное устройство на второй ступени находится в открытом положении. При этом можно принять $S_{gp2} = 0$.

Из уравнений (1...6) имеем

$$H_{ен2} = \frac{H_z}{2} + \frac{S_{з2} - S_{с1} - S_{gp1}}{2} \cdot Q_n^2, \quad (10)$$

где $H_{вп2}$ – напор во всасывающем патрубке насоса второй ступени.

Из уравнения (10) следует, что при полностью открытом дросселирующем устройстве ($S_{gp1} = 0$)

$$H_{ен2} = \frac{H_z}{2} + \frac{S_{з2} - S_{с1}}{2} \cdot Q_n^2. \quad (11)$$

В симметричной гидравлической схеме ($S_{ГП1} = S_{ГП2}$, $H_{вп2} = H_{Г}/2$, $S_{gp1} = 0$)

$$H_{ен2} = \frac{H_z}{2} + \frac{S_{gp1}}{2} \cdot Q_n^2 \text{ при } S_{gp1} > 0$$

Таким образом, в симметричной гидравлической схеме закрытие дросселирующего органа на первой ступени уменьшает расход воды в каскаде и напор во всасывающих патрубках насосов второй ступени на величину половины потерь в дросселирующем органе [3].

Если $S_{ГП1} \neq S_{ГП2}$, то изменение напора во всасывающих патрубках насосов второй ступени в результате частичного закрытия дросселирующего устройства вычисляется по формуле:

$$\Delta H_{ен2} = H_{ен2,0} - H_{ен2} = \frac{S_{з2} - S_{с1}}{2} \cdot (Q_{н0}^2 - Q_n^2) + \frac{S_{gp1}}{2} \cdot Q_n^2, \quad (12)$$

где $H_{вп2}$ и $Q_{н0}$ – напор и расход при $S_{gp1} > 0$.

Из уравнения (12) следует, что в несимметричной схеме уменьшение напора

во всасывающих патрубках насосов второй ступени отличается от величины половины гидравлических потерь в дросселирующем устройстве на величину

$$\Delta H_{en2} = \frac{S_{zn2} - S_{zn1}}{2} \cdot (Q_{n0}^2 - Q_n^2). \quad (13)$$

2. Расход регулируется дроссельным устройством по второй ступени. В этом случае $S_{gp1} = 0$.

Из уравнений (1...6) имеем:

$$H_{en2} = \frac{H_z}{2} + \frac{S_{zn2} - S_{zn1} + S_{gp2}}{2} \cdot Q_n^2. \quad (14)$$

В симметричной схеме ($S_{gp1} = S_{gp2}$) имеем:

$$H_{en2} = \frac{H_z}{2} + \frac{S_{gp2}}{2} \cdot Q_n^2. \quad (15)$$

Таким образом, в симметричной гидравлической схеме закрытие дросселирующего органа на второй ступени уменьшает напор во всасывающих патрубках второй ступени на величину половины потерь в дросселирующем устройстве.

В несимметричной схеме при полностью открытом дросселирующем органе ($S_{gp2} \approx 0$)

$$H_{en2,0} = \frac{H_z}{2} + \frac{S_{zn2} - S_{zn1}}{2} \cdot Q_{n0}^2. \quad (16)$$

Вычитая из уравнения (16) уравнение (14), получим

$$\Delta H_{en2} = H_{en2,0} - H_{en2} = \frac{S_{zn2} - S_{zn1}}{2} \cdot (Q_{n0}^2 - Q_n^2) - \frac{S_{gp2}}{2} \cdot Q_n^2. \quad (17)$$

Из уравнения (17) следует, что в несимметричной схеме увеличение напора во всасывающих патрубках второй ступени отличается от величины половины гидравлической потерь в дросселирующем устройстве на величину ΔH_{en2} .

ALI MUNZER SULEIMAN, D.S. BEGLYAROV

Federal state budget educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow

MODEL OF CALCULATION SUBSTANTIATION OF FLOW CONTROL IN A CASCADE OF PUMPING STATIONS BY THROTTLING PRESSURE

The article describes the developed method of calculation and an algorithm allowing carrying out calculations on flow control in a cascade of pumping stations by throttling pressure. The operating experience of pumping stations shows [1] that major damages and accidents of pump aggregates happen during transient processes, start-up and stops which in accordance

Выводы

1. При введении дросселирования напора на первой ступени напор во всасывающих патрубках насосов второй ступени уменьшается, а при введении дросселирования напора на второй ступени – увеличивается на величину, равную половине потерь напора дросселирующем устройстве.

2. В качестве дросселирующего устройства можно использовать напорные задвижки насосов и байпасную линию к напорной задвижке насосного агрегата. Недостатком дроссельного регулирования подачи является дополнительный расход энергии, затрачиваемой на компенсацию гидравлических потерь в дроссельной задвижке.

Библиографический список

1. Бегляров Д.С. Повышение надежности и эффективности работы закрытых оросительных систем. – М.: МГУП, 1996. – 140 с.
2. Подволоцкий Н.М. Аналитическое описание универсальных характеристик судовых насосов // Эксплуатация морского транспорта. – 2013. – № 1 (71). – С. 51-57.
3. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления трубопроводов. – М.: Недра, 1982. – 224 с.

Материал поступил в редакцию 02.11.2016 г.

Сведения об авторах

Али Мунзер Сулейман, кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения; ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 8-499-391-12-07; e-mail: munzer@yandex.ru

Бегляров Давид Суренович, доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения; ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 8-499-976-11-85.

with the work schedule can be assigned several times a day, as well as under emergency shutdown of electric engines from the power system. Therefore, when designing pumping stations it is necessary to comprehensively take into account the work of the pressure tract and technological equipment and to assign schemes and structures on the basis of calculations and analysis of transient processes with an allowance to static and dynamic characteristics of pumps and electric motors. The aim of investigations is developing recommendations for designing cascades of irrigation pumping stations operating in series without an intermediate capacity which relate to the definition of parameters of the pressure system and shockproof devices. To achieve this aim it is necessary to solve the problem of flow control in the cascade by throttling pressure.

Cascade of pumping stations, pressure, flow, hydraulic resistance coefficient, throttle adjusting devices, transient processes.

Reference

1. Beglyarov D.S. Povyshenie nadezhnosti I effektivnosti raboty zakrytyh orositelnykh system. – M.: MGUP, 1996. – 140 s.
2. Podvolotskij N.M. Analitichskoe opisanie universalnykh harakteristik sudovykh nasosov // Ezpluatatsiya morskogo transporta. – 2013. – № 1 (71). – S. 51-57.
3. Aljtshul A.D. Gidravlicheskie soprotivleniya truboprovodov. – M.: Nedra, 1982. – 224 s.

The material was received at the editorial office
02.11.2016

Information about the authors

Ali Munzer Suleiman, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of agricultural water supply and drainage FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Timiryazeva, 49; tel.: 8-499-391-12-07; e-mail: munzer@yandex.ru

Beglyarov David Surenovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of agricultural water supply and drainage FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Timiryazeva, 49; tel.: 8-499-976-11-85.

06.01.00 Агронмия

УДК 502/504: 631.62

Н.П. КАРПЕНКО, И.М. ЛОМАКИНФедеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва**УЧЁТ НЕОДНОРОДНОСТИ ПОРОД ЗОНЫ АЭРАЦИИ
В ФИЛЬТРАЦИОННЫХ РАСЧЕТАХ ДРЕНИРОВАНИЯ
НА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ**

Основная цель исследований состоит в изучении и учете влияния неоднородности, гетерогенности и анизотропии пород зоны аэрации в геофильтрационных расчетах, которые необходимы в прогнозах гидродинамической обстановки при работе системы инженерных сооружений. Результаты изучения геологических и мелиоративных объектов показывают, все они практически являются неоднородными (гетерогенными) по тому или иному признаку. Масштабы неоднородности геологических толщ отложений позволяют, согласно существующим представлениям, выделить два её типа: макро- и микронеоднородность. Анализ геологического строения, генетических и литологических особенностей отложений позволил установить важные свойства изучаемых горных пород: вертикальную неоднородность (слоистость) на фоне латеральной изменчивости мощности отдельных слоев и крупности их частиц. Источниками изменчивости отложений являются размер частиц, их форма и ориентировка, геометрия и структура порового пространства, генерирующие микроструктурность. При решении гидрогеолого-мелиоративных задач определяющей является идентификация природной среды и выбранной модели, заключающаяся, прежде всего, в учете фильтрационной неоднородности внутри слоя, что ставится под сомнение правомерность традиционного допущения изотропности природных сред в фильтрационных расчётах. В гидрогеологических прогнозах указанное допущение приводит к ошибочному мнению о степени влияния орошения (осушения) на гидрогеологическую обстановку территорий объектов природообустройства (мелиоративных систем). Упрощенное представление о благоприятных условиях может быть причиной ошибок в назначении сроков ввода дренажа, его параметров, конструкций элементов подпорных сооружений. Учет неоднородности и вертикальной анизотропии пород зоны аэрации в фильтрационных расчетах горизонтальных дрен наиболее полно идентифицирует природную среду при решении гидрогеолого-мелиоративных задач, связанных с вопросами горизонтального дренажа на мелиоративных системах.

Неоднородность, анизотропия, поровое пространство, породы зоны аэрации, мелиоративные системы, магистральные каналы, дренирование, дренаж

Введение. Изучение неоднородности, анизотропии и геометрии структуры порового пространства пород зоны аэрации является важным вопросом при решении многих мелиоративно-гидрогеологических задач. Основная цель исследований состоит в изучении и учете влияния неоднородности, гетерогенности и анизотропии пород зоны аэрации в геофильтрационных расчетах,

которые необходимы при прогнозах гидродинамической обстановки в работе системы инженерных сооружений. Научная новизна исследований заключается в разработке предложений по решению задач подпора и дренирования в анизотропной среде и методов учета сопротивления на границе сопряжения потоков с водотоками. Подобная диагностика процесса подпора и его

прогноз необходимы при проектировании инженерных сооружений и анализе режимных наблюдений в период наполнения магистральных каналов, водохранилищ и т.д. Результатом выполненных исследований является изучение и диагностика условий формирования потоков подземных вод вблизи гидрогеологических границ первого рода, для которых предложены формулы для расчета и рассмотрены условия их применения. Положения и результаты, изложенные в статье, научно обоснованы и имеют существенное значение при проектировании инженерных сооружений. Данные исследования могут быть использованы специалистами-гидрогеологами, проектировщиками дренажных, водопонижительных и гидротехнических систем, мелиораторами и др.

В основе проектирования различных объектов природообустройства, в том числе и мелиоративных систем, лежит изучение гидрогеологических условий, связанное с выявлением и картированием показателей различных свойств пород зоны аэрации и водонасыщенных сред. В этом случае наиболее сложной задачей является представление о неоднородности объекта изучения, которое выражается в изменчивости геофильтрационных характеристик данного объекта.

Результаты многочисленных экспериментальных (полевых и лабораторных) и теоретических исследований позволяют считать, что неоднородность (гетерогенность) является имманентным свойством любого геологического объекта, которое возникает одновременно с формированием осадконакопления, и изменяющимся в процессе петрогенеза. Такая изменчивость свойств горных пород связана с историко-геологическими и физико-географическими факторами геолого-гидрогеологической обстановки.

В области гидрогеолого-мелиоративных исследований (мелиорации, водопонижения, дренажа, прогнозов подтопления и т.д.) представляется возможным условно выделить процесс накопления информации о свойствах горных пород, основанный на качественных представлениях и результатах экспериментов, а также учет полученных данных в расчетной схеме инженерной задачи. При этом возникает необходимость схематизации природных условий, т.е. процесса перехода от показателей

свойства в точке к характеристике признака в массиве в соответствии с физической природой объекта. Подобный подход требует определения характера неоднородности, геологического объяснения вариаций изучаемого признака для обоснования выбора его расчетного значения в области флуктуаций [1].

При проектировании инженерных сооружений существуют определенные рекомендации по составу и использованию расчетных схем в решении задач фильтрации, однако в настоящее время методология схематизации практически не разработана. Одной из причин, затрудняющих пространственную экстраполяцию признака при составлении расчетных схем, является недостаточное знание природы неоднородности изучаемых горных пород.

Материал и методы исследований.

Исследования проводились на мелиоративных объектах Поволжья и Джизакской степи, на которых изучались вопросы фильтрационной неоднородности пород зоны аэрации и водонасыщенной толщи и ее учет в проведении фильтрационных расчетов. Изучаемые объекты представлены отложениями, которые обладают важными структурными и текстурными особенностями, а также геометрией структуры порового пространства. Представления о фильтрационной неоднородности (слоистости, макро- и мезонеоднородности, макропористости и т.д.) отложений пород зоны аэрации и водонасыщенных сред известны, однако их связь с водопроницаемостью недостаточна изучена [2].

В этом плане необходима разработка универсального подхода, который бы учитывал все сложности связей литологических особенностей и фильтрационных свойств или установление общих характерных закономерностей формирования фильтрационных толщ, реализация которого может более обоснованно поставить экспериментальные исследования и повысить качество интерпретации результатов.

Основной интерес для мелиоративно-гидрогеологических расчетов представляют водозаборы подземных вод, дренажные сооружения, магистральные и водозащитные каналы, оказывающие существенное влияние на прилегающие территории, оценка которого является составной частью прогнозных расчетов. В частности, на мелиоративных системах гидрогеоло-

го-мелиоративные исследования связаны с проведением фильтрационных расчетов горизонтального дренажа, характерной особенностью которого является его гидродинамическое несовершенство, обуславливающее деформации потока в вертикальном сечении при входе его в дренаж. При этом рассматриваемая задача связана не только с оценкой пространственной структуры фильтрационного потока, но и с оценкой его геофильтрационных параметров и с учетом неоднородности пород зоны аэрации в расчетах дренирования.

От того, насколько велики ошибки при идентификации выбранной модели и реальной среды, зависят погрешности в проектировании инженерной системы и ее эффективность. В настоящее время наиболее распространенными методами оценки неоднородности толщ горных пород являются морфо-литологический метод, построенный на принципах визуального учета макро- и микроструктур, как единиц гидрогеологического картирования; полевые эксперименты с использованием индикаторных трассеров, позволяющие изучить геометрию и структуру порового пространства зоны аэрации [3, 4].

Очень часто в границах указанных элементов геологическая среда принимается однородной и в подавляющем большинстве случаев – изотропной. Бесспорно, типизация условий зависит от вида задачи и ее инженерных особенностей, однако в расчетных схемах, как правило, почти никогда не отражается микро-неоднородность в любом ее проявлении.

Теоретические аспекты данных вопросов нашли отражение в работах советских и зарубежных исследователей Н.Е. Жуковского, В.В. Ведерникова, А.И. Голованова, П.Я. Полубариновой-Кочиной, В.И. Аравина, С.Н. Нумерова, С.Ф. Аверьянова, Н.Н. Веригина, А.В. Романова, С.К. Абрамова, А.Ж. Муфтахова, В.М. Шестакова, Н.П. Карпенко, Д.А. Манукьяна, В.А. Ионата, И.С. Пашковского, Киркхема, Хоугаудта, Энгелунда и др.

В научной литературе значительное внимание уделено задачам фильтрации в однородных водоносных системах, меньше – в слоистых (с числом слоев до четырех), и небольшое число разработок посвящено математическому описанию подпора и дренирования в пористой микрослоистой (анизотропной) среде. При математическом

описании процессов дренирования допущение изотропности пород зоны аэрации приводит, как правило, к занижению функции напора в характерных сечениях фильтрационных потоков или к ошибочным расчетам дренажа, поэтому при решении задач гидрогеолого-мелиоративного прогнозирования эти характеристики являются определяющими.

В задачах дренирования фильтрационных потоков на мелиоративных системах при обосновании типовых геофильтрационных схем в качестве таксономических единиц целесообразно рассматривать слоистые среды с равномерно чередующимися хорошо и слабопроницаемыми прослоями, хотя привычным в практике гидрогеологических расчетов является замена реального неоднородного массива горных пород моделью однородной среды, которая взаимодействует с проектируемым сооружением как реальный неоднородный массив [5].

Горизонтальные дренажи, как правило, имеют небольшие размеры, поэтому их гидродинамическое несовершенство может учитываться по упрощенной схеме путем введения одного дополнительного сопротивления, величина которого сильно зависит от неоднородности пород зоны аэрации и водоносного пласта. Кроме того, на эту величину влияют положение кривой депрессии вблизи дренажа и размер капиллярной зоны, поскольку они определяют верхнюю границу потока. Принято выделять два вида несовершенства: по степени вскрытия пласта, соответствующей положению дренажа относительно его вертикальных границ и фильтрационной неоднородности или анизотропии; по характеру вскрытия, зависящему от заиливания стенок горной выработки, применяемых материалов и технологии строительства (это несовершенство иногда называют «скин-эффектом») [6].

Некоторые исследователи считают, что при дискретном распределении водопроницаемости в пространстве между дренажами положение уровня грунтовых вод в каждом блоке с коэффициентом фильтрации будет определяться расчетной зависимостью для дренажа в однородном слое. Экспериментально подтверждается, что если изменчивость коэффициентов фильтрации при расчетах дренажа является существенной, то варьирование напоров, наблюдаемое при этом, становится гораздо меньше [7].

Результаты и обсуждение. Необходимость совместного рассмотрения вопросов выбора структурной модели или эффективного параметра, размеров зоны влияния эксперимента в согласовании с размерами неоднородности требуют дополнительных исследований на мелиоративном объекте. С целью определения гидрогеологических параметров представляет интерес анализ депрессионных кривых вблизи открытых дрен, водотоков и осушительных каналов, полученных при проведении исследований на мелиоративных объектах. Уравнение поверхности симметричного квазистационарного потока грунтовых вод направленного к дрене (рис. 1) имеет вид [8]:

$$\Delta H_x = \frac{ql}{2T} \left[f(\bar{x}) + \frac{2L_{nd}}{l} \right], \quad f(\bar{x}) = \frac{x}{l} \left(1 - 0,5 \frac{x}{l} \right), \quad (1)$$

где q – половинный расход дрены ($q = \omega l$); ΔH_x – превышение УГВ в сечении x над уровнем воды в дрене, $\bar{x} = \frac{x}{l}$.

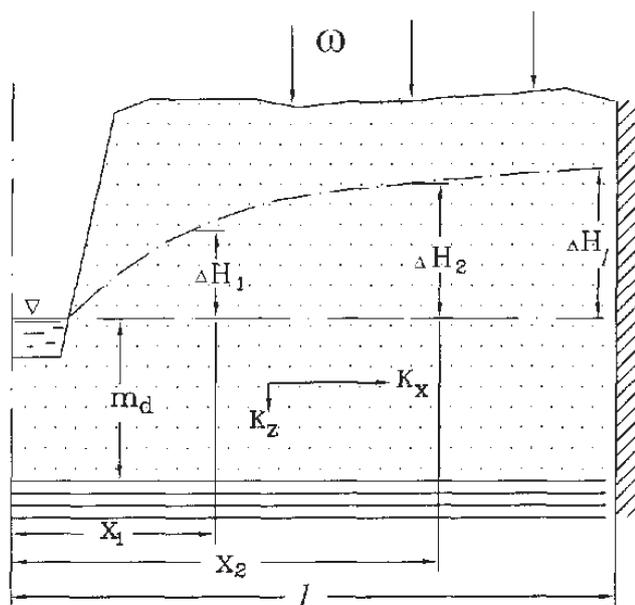


Рис. 1. Схема дренаживания к расчету искомым характеристик однослойной среды

Для расчета искомым характеристик однослойной среды по единовременному замеру строится график в координатах $\Delta H_x \rightarrow f(\bar{x})$, угловой коэффициент которого $c_d = \frac{ql}{2T_x}$ и начальная ордината $A_d = \frac{qL_{nd}}{2T_x}$ позволяют определить водопроницаемость и дополнительное фильтрационное сопротивление дрены (рис. 2).

Чтобы найти горизонтальную и вертикальную составляющие водопроницаемости, следует оценить величину эффективной «активной» мощности водоносного пласта под дреной, приняв редуцированный коэффициент $\alpha = \frac{l}{l + L_{nd}}$.

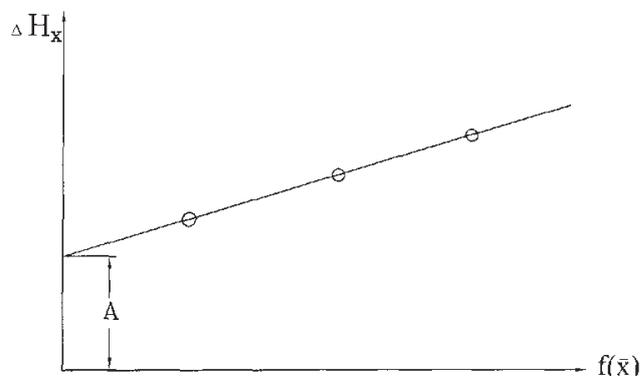


Рис. 2. Схема к расчету параметров по кривой $\Delta H_x \rightarrow f(x)$

Имея данные о напорах в различных сечениях купола грунтовых вод, можно найти значения параметров водопроницаемости. Для дрены в анизотропном пласте, когда её контур по условию совпадает с некоторой эквипотенциалью, решение для напора в пространстве между совершенными дренами имеет вид [9]:

$$h = h_d + \frac{\omega}{2h_*} \left(\frac{l_c^2 - x^2}{K_x} - \frac{h_d^2 - z^2}{K_z} \right). \quad (2)$$

Зная напоры в двух точках профиля, находим:

$$K_z = \frac{\omega}{2h_*} \cdot \frac{z_2^2 - z_1^2}{h_2 - h_1}, \quad (3)$$

$$K_x = \frac{\omega}{2h_*} \cdot \frac{(l_c^2 - x_1^2)(z_2^2 - z_1^2)}{(z_2^2 - z_1^2)(h_1 - h_d) + (h_d^2 - z_1^2)(h_2 - h_1)}. \quad (4)$$

Приведенные решения можно использовать в зоне $0 \leq x \leq l^1$; $l^1 = l - (2 - 3)h_*$. Для практического применения формул (3) и (4) надо определить значение напора в точке (X_2, m) , затем в уравнении (4) принять X и m вместо l_c и h_d соответственно (рис. 3).

Расстояние до фиктивной совершенной дрены находится из уравнения

$$l_c = \sqrt{2h_*(h_0 - h_d) \cdot \left(1 - \frac{\omega}{K_z} \right) \cdot \frac{K_x}{\omega}}, \quad (5)$$

где h_0 – напор на междренье.

Аналогичная процедура может использоваться как аналог в новых условиях, однако решение подобной задачи в лаборатории едва ли возможно. Дополнительно ослож-

нение может вносить плановая неоднородность, причем локализация таких участков предварительно должна оцениваться на основе статистической обработки данных.

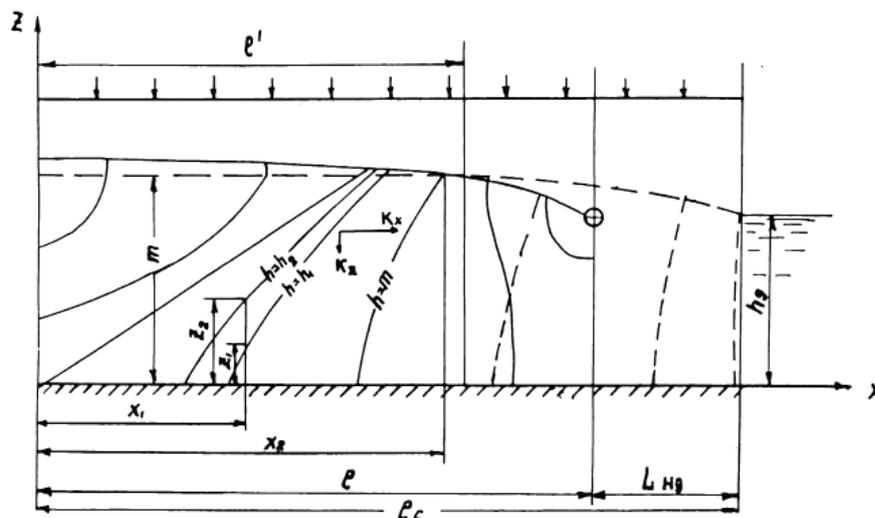


Рис. 3. Схема к расчёту параметров фильтрации по данным о работе несовершенного горизонтального дренажа

Выводы

Результаты изучения неоднородности пород зоны аэрации, полученные на мелиоративных объектах Поволжья и Джизакской степи, показали, что практически все они являются неоднородными (гетерогенными) по тому или иному признаку. Масштабы неоднородности позволяют, согласно существующим представлениям, выделить два её типа: макро- и микронеоднородность. Анализ геологического строения и литологических особенностей отложений на основе генезиса позволил установить важные качества изучаемых горных пород: вертикальную неоднородность (слоистость) на фоне латеральной изменчивости мощности отдельных слоев и крупности их частиц. Источниками изменчивости в данном случае являются размер частиц, их форма и ориентировка, геометрия и структура порового пространства, генерирующие микронеоднородность.

При решении гидрогеолого-мелиоративных задач определяющей задачей является идентификация природной среды и выбранной модели, заключающаяся прежде всего в учете фильтрационной неоднородности внутри слоя, что ставится под сомнение правомерность традиционного допущения изотропности природных сред в фильтрационных расчётах. В гидрогеологических прогнозах указанное до-

пущение приводит к ошибочному мнению о степени влияния орошения (осушения) на гидрогеологическую обстановку территорий объектов природообустройства (мелиоративных систем). Упрощенное представление о благоприятных условиях может быть причиной ошибок в назначении сроков ввода дренажа, его параметров, конструкций элементов подпорных сооружений и т.д.

На основе предпосылок вертикальной микронеоднородности отложений предлагаются методы расчёта подпора и дренирования. Используемые зависимости показывают необходимость более определённого и целенаправленного изучения фильтрационных свойств горных пород зоны аэрации и водонасыщенных сред. Рассмотренные аналитические зависимости для потоков на слабопроницаемом слое для конкретных мелиоративных систем дали возможность скорректировать прогнозы развития гидрогеологических условий. Было установлено, что анизотропия верхнего хорошо проницаемого слоя пород зоны аэрации увеличивает темпы подъёма грунтовых вод под орошаемым массивом, если составляющая водопроницаемости различаются более чем вдвое.

Полученные рекомендации и критерии ориентируют на целевое проведение гидрогеолого-мелиоративных исследований,

повышение их качества и технико-экономических характеристик строительства, а также позволят оценивать экологическую надёжность проектных решений на объектах природообустройства.

Библиографический список

1. Жабин В.Ф., Карпенко Н.П., Ломакин И.М. Формирование гетерогенной среды и регулирование режима грунтовых вод в задачах природообустройства: Монография. – М.: МГУП. – 2013. – 208 с.
2. Жабин В.Ф., Карпенко Н.П., Ломакин И.М. Фильтрационная расчетная схематизация тонкослоистых сред и надежность инженерных решений. // Природообустройство. – 2013. – № 2. – С. 65-71.
3. Жабин В.Ф., Карпенко Н.П., Ломакин И.М. Особенности определения гидрогеологических характеристик анизотропных сред для расчета дренажа // Природообустройство. – 2010. – № 3. – С. 80-87.
4. Карпенко Н.П. Исследование структуры порового пространства почв и пород зоны аэрации // Вестник РАСХН. – 2006. – № 2. – С. 61-63.
5. Рац М.В. Структурные модели в инженерной геологии. – М.: Наука. – 1973. – 213 с.
6. Шестаков В.М. Гидрогеодинамика: Учебник. – М.: КДУ, 2009. – 334 с.

7. Голованов А.И., Сурикова Т.И., Сухарев Ю.И. Основы природообустройства. – М.: Колос, 2001. – 264 с.

8. Жабин В.Ф., Манукьян Д.А., Карпенко Н.П. Особенности и учет вертикальной анизотропии водоносных отложений в фильтрационных расчетах и задачах подпора // Вестник РАСХН. – 2011. – № 3. – С. 5-8.

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

Материал поступил в редакцию 30.05.2016 г.

Сведения об авторах

Карпенко Нина Петровна, доктор технических наук, профессор кафедры «Гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока», ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Москва, ул. Прянишникова, д. 19; e-mail: nrcarpenko@yandex.ru

Ломакин Иван Михайлович, кандидат геолого-минералогических наук, профессор кафедры гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Москва, ул. Прянишникова, д. 19; тел.: 8-499-976-22-27.

N.P. KARPENKO, I.M. LOMAKIN

Federal state budget educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev»

CONSIDERATION OF ROCKS HETEROGENEITY OF THE AERATION ZONE IN FILTRATION CALCULATIONS OF DRAINAGE ON RECLAMATION SYSTEMS

The main purpose of investigations is studying and consideration of the influence of heterogeneity and anisotropy of rocks of the aeration zone in geo filtration calculations which are necessary in forecasts of the hydrodynamic environment under operation of engineering facilities. The results of studying geological and reclamation objects show that all of them are practically heterogeneous on one or another character. The scales of the heterogeneity of geological thicknesses of sediments allow, according to the existing concepts, singling out two its types: macro- and micro heterogeneity. The analysis of geological texture, genetic and lithologic features of sediments allowed establishing important properties of the studied rocks: vertical heterogeneity (lamination) on the background of lateral changeability of the power of some layers and coarse sizes of their particles. The sources of the sedimentation changeability is the size of particles, their form and orientation, geometry and texture of pore space generating micro lamination. When solving hydro geo reclamation tasks, the decisive one is identification of the natural environment and chosen model consisting, first of all, of studying the filtration heterogeneity inside the layer which doubts the traditional assumption of the isotropy of natural media in filtration calculations. In hydrological forecasts the indicated assumption leads to the mistakable opinion about the degree of the influence of irrigation (drainage) on the hydrological environment of territories of environmental engineering objects (reclamation systems). The simplified concept on favorable conditions

can be a cause of mistakes in assigning the terms of drainage introduction, its parameters, design of elements of supporting structures. Taking into account heterogeneity and vertical anisotropy of rocks of the aeration zone in filtration calculations of horizontal drains identifies the natural medium fullier when solving hydrogeo-reclamation tasks connected with the problems of horizontal drainage on reclamation systems.

Heterogeneity, anisotropy, pore space, rocks of the aeration zone, land reclamation systems, main canals, drainage.

References

1. Zhabin V.F., Karpenko N.P., Lomakin I.M. Formirovanie geterogennoj sredy I regulirovanie rezhima gruntovyh vod v zadachah prirodoobustrojstva: Monografiya. – M.: MGUP. – 2013. – 208 s.
2. Zhabin V.F., Karpenko N.P., Lomakin I.M. Filjtratsionnaya raschetnaya skematizatsiya tinlosloistyh sred i nadezhnostj inzhenernyh reshenij. // Prirodoobustrojstvo. – 2013. – № 2. – S. 65-71.
3. Zhabin V.F., Karpenko N.P., Lomakin I.M. Osobennosti opredeleniya gidrogeologicheskikh harakteristik anisotropnyh sred dlya rascheta drenazha // Prirodoobustrojstvo. – 2010. – № 3. – S. 80-87.
4. Karpenko N.P. Issledovanie struktury porovogo prostranstva pochv I porod zony aeratsii // Vestnik RASHN. – 2006. – № 2. – S. 61-63.
5. Rats M.V. Strukturnye modeli v inzhenernoj geologii. – M.: Nauka. – 1973. – 213 s.
6. Shestakov V.M. Gidrogeodinamika: Uchebnik. – M.: KDU, 2009. – 334 s.
7. Golovanov A.I., Surikova T.I., Sukharev Yu.I. Osnovy prirodoobustrojstva. – M.: Kolos, 2001. – 264 s.
8. Zhabin V.F., Manukjyan D.A., Karpenko N.P. Osobennosti i uchet vertikalnoj anizotropii vodonosnyh otlozhenij v filjtratsionnyh raschetah I zadachah podpora // Vestnik RASHN. – 2011. – № 3. – S. 5-8.
9. Manukjyan D.A., Zhabin V.F. Gidrogeoeologicheskie problem v zadachah prirodoobustrojstva: Monografiya. – M.: MGUP, 2006. – 194 s.

The material was received at the editorial office
30.05.2016

Information about the authors

Karpenko Nina Petrovna, doctor of technical sciences, professor of the chair «Hydrology, hydrogeology and flow regulation», FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, d. 19; e-mail: npkarpenko@yandex.ru

Lomakin Ivan Mikhailovich, candidate of geological-mineralogical sciences, professor of the chair of hydrology, hydrogeology and flow regulation», FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, d. 19; tel.: 8-499-976-22-27.

УДК 502/504:631.6.02:556.06

И.Ф. ЮРЧЕНКО

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», г. Москва

ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ МЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ

Цель работы – совершенствование эксплуатационных мероприятий сохранения и воспроизводства надежности гидротехнических сооружений (ГТС) в соответствии с требованиями инновационного развития мелиоративного фонда, базирующегося на достижениях научно-технического прогресса. Объектом исследования является комплекс мер, обеспечивающий эксплуатационную безопасность действующих сооружений. Предметом исследования является оценка технического состояния сооружений субъектов Федерации Южного (ЮФО) и Северо-Кавказского Федерального округа (СКФО) федеральной собственности. Используются методы анализа и подходы к устранению рассматриваемых проблем эксплуатации мелиоративных объектов, базирующиеся на изучении и обобщении сведений обследования функционирующих ГТС; материалах нормативно-правовой и нормативно-методической баз; концепциях формирования сложных систем автоматизированного управления и поддержки принятия управленческих решений. По результатам исследований выявлены важнейшие факторы повышения опасности эксплуатируемых сооружений и установлена система мероприятий по определению потенциально опасных объектов, основывающаяся на геофизических, геодезических и неразрушающих инновационных методах контроля. Разработана и внедрена компьютерная информационная система формирования планово-предупредительных мероприятий в условиях ограниченных инвестиций на эксплуатацию ГТС. Созданы база данных потенциально опасных мелиоративных объектов ЮФО и СКФО и система управления базой данных, которые способствуют повышению эффективности управления эксплуатацией путем совершенствования информационного обеспечения процедур выбора первоочередных объектов технического ухода, ремонта, модернизации и/или реконструкции.

Эксплуатационная надежность, мелиоративный водохозяйственный комплекс, планово-предупредительные мероприятия, автоматизация управления, потенциально-опасные объекты, база данных.

Введение. В Российской Федерации функционирует крупный водохозяйственный мелиоративный комплекс, включающий в себя порядка 4,3 млн орошаемых и 4,7 млн осушаемых земель, ввод в эксплуатацию которых в основном приходился на 60-70 гг. XX столетия, отличавшиеся в соответствии с реализуемой государственной политикой становления производства растениеводческой продукции широким развитием мелиорации земель.

По итогам реформирования и реорганизации хозяйственного механизма, принятых в 90-е гг. двадцатого столетия, в Российской Федерации разрушается сложившаяся система учета, контроля и технической эксплуатации мелиоративного водохозяйственного комплекса, исчезает потребность в специалистах, занимающихся эксплуатацией мелиорируемых земель. Финансовое состояние собственников не позволяло им реконструировать, ремонтировать

и содержать гидротехнические сооружения (ГТС) в соответствии с требованиями нормативно-методического и правового обеспечения, что обусловило снижение жизнеспособности объектов мелиорации в части безотказности, долговечности, ремонтоспособности и других функций до критического состояния, близкого к «точке невозврата» необходимых свойств.

Целью работы является совершенствование сложившейся системы обеспечения надежности мелиоративного водохозяйственного комплекса в соответствии с достижениями научно-технического прогресса в части создания совокупности планово-предупредительных мероприятий эксплуатации, отвечающего современным требованиям инновационного развития мелиоративного фонда.

Методология. Методическую основу анализа и подходов к устранению проблем повышения опасности эксплуатируемых

гидротехнических сооружений составляет изучение и обобщение данных обследований функционирующих объектов мелиорации Южного и Северо-Кавказского регионов Российской Федерации; материалов действующих нормативно-правовой и нормативно-методической баз, регулирующих нормы, правила, алгоритмы и другие процедуры эксплуатации; положений концепций формирования, внедрения и использования в практике мелиоративной деятельности автоматизированных компьютерных технологий.

Результаты и обсуждение. Представление о современном уровне эксплу-

атационной надежности и безопасности действующих ГТС федеральной собственности дает систематизация и анализ данных о техническом состоянии сооружений мелиоративного водохозяйственного комплекса, базирующихся в субъектах Федерации Южного (ЮФО) и Северо-Кавказского Федерального округа, которые отличаются наиболее высокой концентрацией водохозяйственных объектов, подведомственных Минсельхозу России. Общая площадь оросительных систем по субъектам федерации ЮФО и СКФО составляет 1590 тыс. га. Структура гидротехнических сооружений ЮФО и СКФО приведена на рисунке 1.

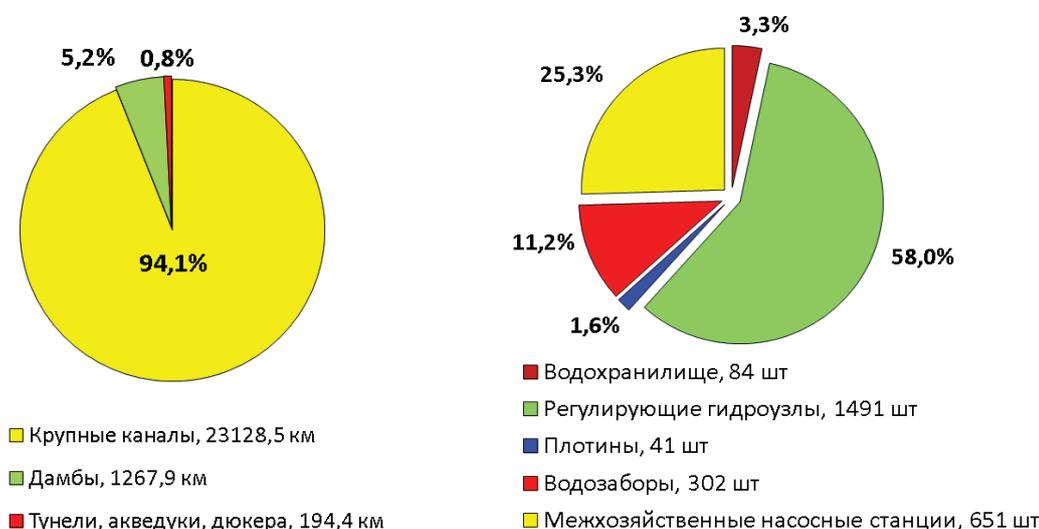


Рис. 1. Структура гидротехнических сооружений ЮФО и СКФО

Потенциально опасные ГТС Южного и Северо-Кавказского Федеральных округов представлены 72 водохранилищами, 45 плотинами, 155 дамбами и другими сооружениями. Из них особо важные для жизнеобеспечения – 38 водохранилищ, 10 плотин, 23 дамбы и проч., всего 135 сооружений (рис. 2).

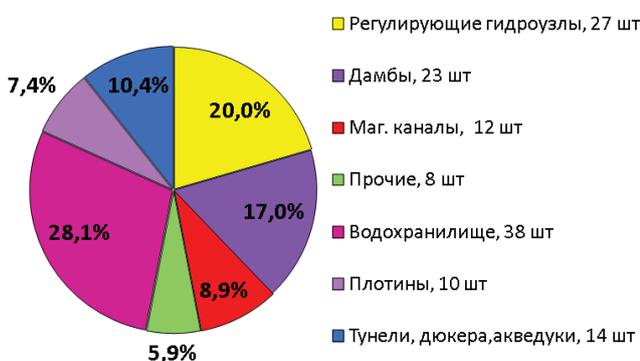


Рис. 2. Распределение потенциально-опасных ГТС по видам сооружений

Приоритетными причинами снижения устойчивости ГТС ЮФО и СКФО являются:

- отсутствие должной эксплуатации при ограниченных инвестициях в планово-предупредительные мероприятия, обуславливающее низкий технический уровень и неудовлетворительное техническое состояние основных фондов;

- недостаточная численность и квалификация эксплуатирующего персонала;

- высокий процент износа парка механизмов, составляющий 60-70% от общей энерговооруженности службы эксплуатации, не достигающей и 50% требующейся;

- отсутствие деклараций безопасности, включающих в себя данные периодической оценки сохранности ГТС и комплекс мероприятий его повышения.

В настоящее время – время активного реформирования аграрного сектора – для обеспечения продовольственной независимости страны и ускоренного импорто-

замещения продуктов животноводства, овощей, семенного картофеля, плодово-ягодной продукции и иных продуктов питания возрастает роль мелиорации в повышении объемов производства и конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутреннем и мировом рынках [1]. Это обуславливает необходимость динамического эволюционирования земледелия на мелиорируемых землях, основой которого в первую очередь становится инновационное развитие мелиоративного фонда, базирующееся на достижениях научно-технического прогресса (НТП) [2].

К приоритетным направлениям НТП и инноваций применительно к объектам мелиорации настоящего периода относятся [3]:

- получение и применение новых видов энергии;
- ресурсосбережение, в т.ч. энергосбережение;
- создание и освоение принципиально новых технологий разработки, эксплуатации, оценки эффективности функционирования объектов производства;
- автоматизация производственных процессов и управления производством, исследованиями и другими процессами и системами;
- разработка и применение материалов с качественно новыми свойствами.

Основные признаки и факторы, оказывающие влияние на техническое состояние ГТС, включают в себя тип и класс сооружений, условия эксплуатации, вид собственности, организацию контроля, возраст сооружений, характеристику территории.

Регулярное проведение плановых профилактических ремонтно-восстановительных мероприятий, базирующихся на данных мониторинга технического состояния объектов мелиорации, гарантирует сохранение надежности последних.

Превентивной процедурой повышения устойчивости мелиоративного водохозяйственного комплекса должно стать своевременное выявление потенциально опасных объектов. Для этого представляется необходимым выполнение таких мероприятий [4], как:

- визуальное целевое и систематическое полное обследование объектов мелиораций и прилегающих территорий;
- применение наземных инженерно-геодезических и геофизических исследований, радиолокационных методов и средств, методов неразрушающего контроля ГТС;

- обработка сведений мониторинговых наблюдений для формирования непрерывных и дискретных данных информационного обеспечения оперативного и стратегического управления службой эксплуатации;

- автоматизация управления [5, 6] эксплуатацией объектов мелиорации на основе инновационных информационных компьютерных технологий;

- установление и внедрение статистических и экспертных оценок надежности сооружений;

- использование результатов математического моделирования и прогноза функционирования гидромелиоративных систем и сооружений;

- оценка последствий управленческих решений на базе прогнозных поверочных расчетов с использованием математических моделей.

Требование повышения надежности и сохранности ГТС определяет необходимость мер своевременного и качественного информационного обеспечения решений по выявлению объектов в сфере мелиорации, не отвечающих условиям экологической безопасности, и должно быть возведено на самый высокий государственный уровень.

Создание эффективной государственной системы безопасности ГТС – одно из важнейших условий предупреждения аварий. В существующей системе оценки технического состояния ГТС отсутствуют надежные и достоверные критерии эксплуатационной устойчивости функционирующих сооружений [4]. Необходимость совершенствования действующей нормативно-правовой и методической базы, регулирующей вопросы защищенности и сохранности ГТС, обусловлена также следующими причинами:

- серьезной изношенностью сооружений (до 60-70%);

- нерешенностью вопросов о принадлежности ГТС хозяйствующим субъектам;

- отсутствием непротиворечивого законодательства о порядке финансирования всех форм (в т.ч. и государственной) собственности ГТС в части реконструкции, капитального ремонта, ухода и содержания сооружений;

- потребностью в законодательных актах, определяющих ответственность, от непосредственного исполнителя до государственного чиновника или органа, за доведение ГТС до аварийной ситуации на любом этапе его жизненного цикла (проектирование, строительство, эксплуатация);

- необходимостью в консолидации усилий и возможностей министерств, ведомств, отдельных собственников и арендаторов в целях эффективной эксплуатации ГТС и предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций.

Решение имеющейся проблемы обеспечения безопасности мелиоративных объектов возможно на базе совместного комплексного рассмотрения следующих вопросов:

- нормативно-правовых, определяющих задачи и ответственность различных уровней государственной власти согласно форме собственности сооружений;

- нормативно-методических, определяющих процедуры создания, внедрения и оценки мероприятий повышения устойчивости ГТС в сочетании с организацией эффективной системы финансирования и совершенствования службы эксплуатации.

Действенный ресурс повышения эффективности эксплуатационных мероприятий по сохранению и воспроизводству надежности мелиоративного водохозяйственного комплекса представляет автоматизированная поддержка управленческих решений [7-9] по формированию планово-предупредительных мероприятий его технической эксплуатации в условиях ограниченных инвестиций. Этим обусловлены исследования и разработка информационной системы автоматизации управления эксплуатацией мелиоративного водохозяйственного комплекса ЮФО и СКФО. Прикладная компьютерная программа поддерживает процедуры ввода сведений; их трансформации в данные с последующим хранением и/или передачей пользователю для анализа, оценки и принятия решений; информационное обеспечение принимаемых решений. Планирование требующихся мероприятий повышения работоспособности сооружений выполняется по результатам оптимизации управленческого решения в части распределения ограниченных инвестиций, выделенных для службы эксплуатации на федеральном и региональном уровнях.

Созданные модели, методы, способы алгоритмы и процедуры автоматизированного управления эксплуатацией объектов мелиорации позволяют осуществлять на единой методологической основе планирование, реализацию и контроль за исполнением планово-предупредительных мероприятий повышения безопасности гидротехнических сооружений для сохранения

и воспроизводства природно-ресурсного потенциала мелиорируемых агроландшафтов и получения заданного уровня сельскохозяйственной продукции требуемого качества.

В процессе управления автоматизируются процедуры формирования сведений и каталога потенциально опасных ГТС; обобщения, анализа и оценки технического состояния и уровня надежности мелиоративных сооружений; разработки комплекса мероприятий их сохранности и технического перевооружения, содержащего работы по осуществлению ремонта, реконструкции, модернизации, противопаводковых мероприятий, проектирования, исследований; оптимизации распределения ограниченных инвестиций на проведение планово-профилактических мероприятий эксплуатации гидротехнических сооружений.

База данных информационной системы функционирует в среде СУБД ACCESS пакета Microsoft Office версии не ниже операционной системы 2003 русифицированной WINDOWS.

Опытно-производственная проверка программного комплекса системы поддержки принятия решений (СППР) по управлению безопасностью мелиоративных объектов выполнялась специалистами ОАО «Сеvkавгипроводхоз» совместно с разработчиком ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова». В ходе проверки апробированы следующие режимы:

- подготовка исходных данных и наполнение компьютерной базы информацией о мелиоративных объектах ЮФО и СКФО, подведомственных Минсельхозу России;

- мониторинг технического состояния и установление структуры и объемов мероприятий повышения надежности потенциально опасных ГТС;

- планирование вариантов повышения эксплуатационной устойчивости и надежности мелиоративных объектов регионов;

- формирование каталога первоочередных объектов выполнения планово-предупредительных мероприятий согласно критериям оптимизации в составе решаемых задач информационных технологий и предпочтениям лиц, принимающим решение.

Функционирование СППР в системе управления технической эксплуатацией мелиоративного водохозяйственного комплекса Северо-Кавказского Федерального округа обеспечило достижение следующих

значений основных технико-экономических показателей:

- повышение коэффициента полезного использования воды от 10 до 15%;
- предотвращение ущерба от возможных аварийных ситуаций порядка 28,68 млрд руб.;
- рост уровня автоматизации на 20% и производительности труда на 30%.

Выводы

Представленный в составе настоящих исследований теоретически и экспериментально обоснованный комплекс мер повышения сохранности и надежности действующих сооружений направлен на подготовку аргументирующих материалов и поддержку планирования финансирования планово-профилактических мероприятий эксплуатации мелиоративных объектов. Изменения правовых норм и методического обеспечения, регулирующих деятельность службы эксплуатации сферы мелиорации, в соответствии с предлагаемыми рекомендациями повысят правовую и технологическую дисциплину в области управления ГТС и надежность функционирования последних.

Апробация информационной системы автоматизированного управления эксплуатацией, выполненная по материалам Южного и Северо-Кавказского Федерального округов, показала соответствие полученных результатов выводам теории и достижениям как мировой, так и отечественной практики разработки, внедрения и использования СППР в части совершенствования управления производством [10].

Библиографический список

1. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы / Минсельхоз РФ. М., 2012 (в ред. от 19 декабря 2014 г.) // <http://docs.cntd.ru/document/902361843>. Дата обращения – 16.11.2016 г.
2. ФЦП Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения на 2014-2020 годы / Минсельхоз РФ. М., 2013 (в ред. от 18.07.2015 г.) // <http://base.garant.ru/70478356/> Дата обращения – 16.11.2016 г.
3. Приоритетные направления развития науки и техники (утверждено Правитель-

ственной комиссией по научно-технической политике (21 июля 1996 г. № 2727 п-П8) // <http://docs.cntd.ru/document/9034171>.

4. Юрченко И.Ф. О критериях и методах контроля безопасности гидротехнических сооружений мелиоративного водохозяйственного комплекса / И.Ф. Юрченко, А.К. Носов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: Сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – Вып. 53. – С. 158-165. Дата обращения – 16.11.2016 г.

5. Юрченко И.Ф. Информационные системы управления водохозяйственным мелиоративным комплексом // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 1. – С. 12-15.

6. Ананьев М.А., Ухтинская Ю.В. Применение информационных технологий в АПК // Системное управление: Электронное научное периодическое издание). 2012. № 4 // http://sisupr.mrsu.ru/2012-4/PDF/Ananay_Ukhtinskaya.pdf. – Эл. № ФС77-32795/11.08.2008 г.

7. Коптелов А., Оситнянко О. Информационные технологии в сельском хозяйстве // Агробизнес: информатика – оборудование – технологии. – 2010. – № 12. – С. 60-64.

8. Хмеляк А.С. Информационные системы управления предприятием: положительные и отрицательные стороны внедрения // Актуальные вопросы экономических наук. – 2013. – № 35. – С. 186-182.

9. Hashim J. Information Communication Technology (ICT) Adoption Among SME Owners in Malaysia. *International Journal of Business and Information*. – 2015. – 52.68.60.251/

10. Юрченко И.Ф., Трунин В.В. Автоматизированное управление водораспределением на межхозяйственных оросительных системах // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 2. – С. 178-184.

Материал поступил в редакцию 30.05. 2016 г.

Сведения об авторе

Юрченко Ирина Федоровна, доктор технических наук, главный научный сотрудник отдела природоохранных и информационных технологий ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»; 127550, Москва, ул. Б. Академическая, 44, корп. 2; e-mail: irina.507@mail.ru

I.F. YURCHENKO

Federal state budget research institution «All-Russian research institute of hydraulic engineering and land reclamation named after A.N. Kostyakov», Moscow

PLANNED-PROPHYLACTIC MEASURES OF IMPROVING RELIABILITY OF RECLAMATION OBJECTS

The goal of the work is the improvement of the operation measures of conservation and reproduction of the hydraulic structures (HS) reliability in accordance with the requirements of innovative development of the land reclamation fund which are based on the achievements of the scientific-technical progress. The object of the study is a set of measures ensuring the operational reliability of the existing hydraulic structures which belong to the Federal ownership. The subject of investigation is assessment of the technical state of hydraulic structures in the Southern (YUFO) and Northern Caucasian Federal okrug NCFO). There are used methods of the analysis and approaches to solve the considered issues which are built on studying and generalizing the results of inspections of the existing HS; normative-legal and methodical base on irrigation and drainage projects operation; formation of the automated control and decision support systems. According to the results of investigations main risk factors were found and a set of measures to identify potentially dangerous objects based on geophysical, geodesic and innovative non-destructive methods of control was developed. There is developed and introduced a computer information system of formation of planned-prophylactic measures under the conditions of limited investments for the HS. A database of the potentially dangerous objects in land reclamation in the Southern and Northern Caucasian Federal okrugs as well as the control on computer database were created to increase the efficiency of decision support by improving the procedures on selection of the priority objects for maintenance, repairing, modernization and/or reconstruction.

Operational reliability, reclamation water economic complex, planned-prophylactic measures, automation of control, potentially-dangerous objects, database.

Reference

1. Gosudarstvennaya programma razvitiya sel'skogo hozyajstva I regulirovaniya rynkov sel'skohozyajstvennoj productsii, syr'ya I prodovoljstviya na 2013-2020 gody/ Minsel'hoz RF. M., 2012 (v red. ot 19 dekabrya 2014 g.) // <http://docs.cntd.ru/document/902361843>. Data obrashcheniya – 16.11.2016 g.
2. FTSP Razvitie melioratsii zemel sel'skohozyajstvennogo naznacheniya na 2014-2020 gody / Minsel'hoz RF. M., 2013 (v red. ot 18.07.2015 g.) // <http://base.garant.ru/70478356/> Data obrashcheniya – 16.11.2016 g.
3. Prioritetnye napravleniya razvitiya nauki I tehniki (utverzhdeno Pravitel'stvennoj comissiej po nauchno-tehnicheskoy politike (21 iyulya 1996 g. № 2727 p–P8) // <http://docs.cntd.ru/document/9034171>.
4. Yurchenko I.F. O kriteriyah I metodah kontrolya bezopasnosti gidrotehnicheskikh sooruzhenij meliorativnogo vodohozyajstvennogo kompleksa / I.F. Yurchenko, A.K. Nosov // Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya: Sb. Nauch. Tr. / FGBNU «RosNIIPM». – Novochoerkassk: RosNIIPM, 2014. – Vyp. 53. – S. 158-165. Data obrashcheniya – 16.11.2016 g.
5. Yurchenko I.F. Informatsionnye sistemy upravleniya vodohozyajstvennym meliorativnym komplexom // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. – 2016. – № 1. – S. 12-15.
6. Ananjev M.A., Ukhtinskaya Yu.V. Primenenie informatsionnyh tehnologij v APK // Sistemnoe upravlenie: (Elektronnoe nauchnoye periodicheskoe izdanie). 2012. № 4 // http://sisupr.mrsu.ru/2012-4/PDF/Ananev_Ukhtinskaya.pdf. – El.№ FS77-32795/11.08.2008 g.
7. Koptelov A., Ositnyanko O. Informatsionnye tehnologii v sel'skom hozyajstve // Agrobiznes: informatika – oborudovanie – tehnologii. – 2010. – № 12. – S. 60-64.
8. Khmelyak A.S. Informatsionnye sistemy upravleniya predpriyatiem: polozhitelnye I otritsatelnye storony vnedreniya / Aktualnye voprosy ekonomicheskikh nauk. – 2013. – № 35. – S. 186-182.
9. Hashim J. Information Communication Technology (ICT) Adoption Among SME Owners in Malaysia. International Journal of Business and Information. – 2015. – 52.68.60.251/
10. Yurchenko I.F., Trunin V.V. Avtomatizirovannoe upravlenie vodoraspredeleniem

na mezhkhozyaistvennyh orositelnyh sistemah // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka I vyshee professionalnoe obrazovanie. – 2012. – № 2. – S. 178-184.

The material was received at the editorial office
30.05. 2016

Information about the author

Yurchenko Irina Fedorovna, doctor of technical sciences, chief researcher of the department of environmental and informational technologies of FGBNU «VNIIGiM named after A.N. Kostyakov»; 127550, Moscow, ul. B. Academicheskaya, 44, korp. 2; e-mail: irina.507@mail.ru

УДК 502/504:631.6.02

М.А. ВОЛЫНОВ, В.Б. ЖЕЗМЕР, С.А. СИДОРОВА

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», г. Москва

МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ МЕЛИОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА

Гидротехнические сооружения (ГТС) являются единственным инструментом, позволяющим осуществлять регулирование, водозабор и транспортировку водных ресурсов из водных объектов для нужд агропромышленного комплекса (АПК), а также сброс сточных вод. От технического состояния ГТС полностью зависит водообеспеченность объектов АПК. Данные о ГТС поступают в Российский Регистр Гидротехнических Сооружений (РРГТС) не чаще одного раза в 3-5 лет, в виде подготовленных в ходе декларирования безопасности ГТС «Сведений». Для регулярного определения эксплуатационной и эколого-экономической оценки состояния ГТС этого явно недостаточно. С целью своевременной оценки состояния ГТС необходимо ведение их непрерывного мониторинга с получением максимального объема необходимой информации. На основании данных мониторинга принимаются решения о целесообразности ремонта, реконструкции, нового строительства, эксплуатации, консервации и ликвидации ГТС, в частности, входящих в состав гидромелиоративных систем (ГМС). Для ведения мониторинга и комплексной оценки состояния ГМС необходимо создание многоуровневой системы автоматизированного ведения мониторинга ГТС. В идеале такая система должна представлять собой базу данных, охватывающую гидротехнические системы мелиоративного комплекса, по крайней мере – Европейской части РФ, совместимую с базой данных РРГТС. Аппарат по обслуживанию интегрированной автоматизированной системы управления базой данных ГТС мелиоративного комплекса (СУБД), может быть создан в составе Департамента мелиорации министерства сельского хозяйства Российской Федерации. При создании СУБД необходимо обеспечить многопользовательский режим работы включая децентрализованное использование, что даст возможность заинтересованным организациям использовать базу данных для решения своих специфических вопросов.

Статья является продолжением цикла статей, посвященных водоресурсному обеспечению водных мелиораций [1-3].

Бассейновый округ, гидротехнические сооружения (ГТС), безопасность ГТС, водное хозяйство, водный объект, водный режим, водные ресурсы, водопользование, водохозяйственный баланс, водохозяйственная единица.

Введение. Гидротехнические сооружения (ГТС) являются единственным инструментом, осуществляющим хранение, водозабор и транспортировку водных ресурсов для нужд агропромышленного комплекса (АПК), а также сброс сточных вод. От технического состояния ГТС полностью зависит степень обеспеченности объектов АПК водными ресурсами.

Согласно данным Российского регистра гидротехнических сооружений (РР ГТС), содержащим информацию по обеспечению безопасной эксплуатации ГТС (табл. 1), уровень безопасности 12% комплексов ГТС, зарегистрированных в РРГТС, неудовлетворительный или опасный.

Неудовлетворительный уровень безопасности предполагает снижение механиче-

ской или фильтрационной прочности, превышение предельно допустимых значений критериев безопасности для работоспособного состояния, другие отклонения от проектного состояния, способные привести к развитию аварии, развитию опасных процессов сни-

жения прочности и устойчивости элементов ГТС и их оснований, превышение предельно допустимых значений критериев безопасности, характеризующих переход от частично неработоспособного к неработоспособному состоянию сооружений и оснований.

Таблица 1

Данные о количестве зарегистрированных в РРГТС комплексов ГТС и их техническом состоянии на 16.09.2015 г. [4]

Орган надзора	Техническое состояние комплексов ГТС		
	Уровень безопасности	Кол-во ГТС	%
Ростехнадзор		12048	100
Ростехнадзор	нормальный	5645	46.9
Ростехнадзор	пониженный	3887	32.3
Ростехнадзор	неудовлетворительный	1188	9.9
Ростехнадзор	опасный	393	3.1

Из приведенной информации следует, что 12% комплексов ГТС, зарегистрированных в РРГТС, эксплуатировать нельзя. Кроме того, данные о ГТС поступают в Регистр не чаще одного раза в 3-5 лет, в виде подготовленных в ходе декларирования ГТС «Сведений...».

Для определения эксплуатационной и эколого-экономической оценки состояния ГТС, осуществляемой посредством мониторинга, этого явно недостаточно. Необходимо разработка методов как ведения мониторинга гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса, так и анализа, обработки и обобщения полученных данных.

Материал и методы. Для определения оптимальных методов анализа и обработки данных мониторинга ГТС были проанализированы источники литературы и существующие методики по мониторингу состояния гидротехнических сооружений, расчету их восстановительной стоимости [5-8].

Концепция разрабатываемых методов базируется на работах отдела управления водными ресурсами ФГБНУ «ВНИИ-ГиМ им. А.Н. Костякова» [1-3, 9, 10], а также выполненных отделом Деклараций безопасности ГТС [11-13 и др.], всего 39 деклараций.

Результаты и обсуждение. Согласно Концепции Федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» [14] сценарий развития водохозяйственного

комплекса РФ предусматривает осуществление следующих водохозяйственных мероприятий:

- а) восстановление и охрана водных объектов;
- б) ликвидация локальных вододефицитов в отдельных районах РФ;
- в) сокращение числа аварийных ГТС, в том числе бесхозных;
- г) сокращение негативного антропогенного воздействия и экологическая реабилитация водных объектов.

Указанные водохозяйственные мероприятия невозможно осуществить без мониторинга ГТС мелиоративного комплекса:

- выполнение п. а) восстановление и охрана водных объектов напрямую зависит от состояния и безаварийной эксплуатации гидротехнических сооружений;
- выполнение п. б) требует, в частности, устранения одной из важнейших причин возникновения локальных вододефицитов – непроизводительных потерь воды при транспортировке, напрямую зависящих от состояния ГТС.
- выполнение п. в) невозможно без приведения в соответствие фактических параметров состояния и условий эксплуатации ГТС предельно допустимым параметрам (критериям безопасности);
- выполнение п. г) требует приведения аварийных и предаварийных ГТС в проектное состояние для исключения возможности вредного влияния вод на окружающую среду.

В рассматриваемой ситуации конечной целью сбора информации в процессе постоянного мониторинга является оценка физического состояния ГТС.

Постоянный мониторинг дает возможность решать следующие задачи:

- разработка деклараций безопасности ГТС (комплекса ГТС), подлежащих декларированию объектов, согласно утвержденной форме [15];

- комиссионное обследование не подлежащих декларированию ГТС гидромелиоративного комплекса, аналогичное преддекларационному, согласно утвержденной форме [16];

- инструментальное обследование ГТС (при необходимости) согласно составленному при комиссионном обследовании перечню;

- комплексный анализ с оценкой прочности, устойчивости и эксплуатационной надежности ГТС, находящихся в эксплуатации более 25 лет, независимо от состояния [17];

- получение информационных данных о ГТС водохозяйственной единицы, аналогичных сведениям, необходимым для внесения сооружения в РРГТС, согласно утвержденной форме [6];

- ведение (организация и ведение) мониторинга ГТС гидромелиоративного комплекса с получением максимального объема информации, необходимой для определения эксплуатационной и эколого-экономической оценки гидромелиоративных систем.

На основании полученных данных проводится оценка физического износа гидротехнических сооружений, %.

Существует значительное количество методов оценки износа гидротехнических сооружений [8]. Важно, чтобы оценка износа сравниваемых объектов проводилась по одной методике.

Требования Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года [18], Федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» [19] и «Методических указаний по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов» [20] предполагают разработку системы комплексной оценки и мониторинга состояния гидромелиоративных систем (ГМС), входящих в состав водохозяйственной единицы. Оценка состояния ГМС на-

правлена на информационное обеспечение поддержки принятия решений по целесообразности ремонта, реконструкции, нового строительства, эксплуатации, консервации и ликвидации самой ГМС и входящих в нее ГТС.

Анализ данных мониторинга позволяет:

1. Оптимизировать управление и безопасную эксплуатацию ГТС.

2. Оценить состояние ГТС на всей цепочке водоподачи от водо-источника до поля, что дает возможность косвенно определить уровень не-производительных потерь воды при транспортировке.

3. Сравнить состояние и степень износа ГТС различных гидромелиоративных систем для обоснования таких решений, как определение первоочередных объектов для ремонта и реконструкции; определение комплекса мероприятий для оптимизации водоресурсного обеспечения оросительных мелиораций; определение комплекса мероприятий для получения гарантированного валового продукта.

В настоящее время осуществление мониторинга и комплексной оценки состояния ГМС водохозяйственной единицы и входящих в нее ГТС возможно только в автоматическом режиме.

Для его организации необходимо оснащение и создание многоуровневой системы автоматизированного ведения мониторинга ГТС, являющейся информационной основой для поэтапного осуществления мероприятий по восстановлению гидромелиоративных систем, а также для определения необходимого водоресурсного потенциала функционирующих орошаемых земель.

В идеале такая система должна представлять собой базу данных, охватывающую гидротехнические системы мелиоративного комплекса, по крайней мере Европейской части РФ, совместимую с базой данных Российского регистра гидротехнических сооружений. Управление такой базой данных требует применения интегрированных автоматизированных систем управления [21].

На российском рынке представлены комплексные информационные системы, включающие в себя контроллинговый компонент как зарубежных (Share-Point, MicrosoftProjectServer, OraclePrimavera), так и отечественных («Аванта», «Асведа», «Галактика», «Флагман», «Алеф») фирм. Такие

системы, представляющие собой платформу-конструктор, обладающую гибкостью и универсальностью для настраивания объектов сложной структуры, позволяют [22]:

- осуществлять комплексный мониторинг значительного количества объектов на любых уровнях управления;

- разворачивать инфраструктуру системы на весь комплекс объектов путем создания единой информационной платформы с многоуровневой иерархией и возможностью подключения неограниченного количества пользователей;

- поэтапно, согласно росту уровня требований, наращивать уровень сложности и функциональности системы;

- ограничиться одной информационной системой на всех уровнях, без использования других инструментов, таких, как Outlook и Excel;

- изменять визуальные настройки без программирования, путем изменения текущих параметров или создания новых объектов системы с новыми реквизитами и методами их обработки;

- полностью автоматизировать сбор важной для управления информации;

- проводить фильтрацию и анализ общего потока оперативных данных, агрегируя полученные результаты и преобразуя их в управленческую информацию;

- получать мгновенный доступ к любой информацией в системе через интернет-портал;

- обеспечить многопользовательский режим работы включая децентрализованное использование;

- осуществлять электронный документооборот, дающий возможность предоставлять на бумажном носителе только выходные документы.

Информация, полученная в результате функционирования многоуровневой системы автоматизированного ведения мониторинга ГТС мелиоративного комплекса, может быть использована для решения насущных производственных вопросов, планирования производства на перспективу, определения потребностей в водных ресурсах следующим организациям (табл. 2).

Таблица 2

Организации, которым необходима обобщенная (структурированная) информация по мониторингу ГТС мелиоративного комплекса

№№ п/п	Организация*	Решаемые проблемы
1	МПР России, ФАВР	- оптимизация водоресурсного обеспечения оросительных мелиораций
2	Департамент мелиорации Минсельхоза России	- оптимизация управления ГТС - сравнение состояния и степени износа ГТС различных гидромелиоративных систем - определение первоочередных объектов ремонта и реконструкции - поэтапное восстановление гидромелиоративных систем - ликвидация локальных вододефицитов в отдельных районах РФ, в частности, путем устранения потерь воды при транспортировке
3	Ростехнадзор МЧС России.	- безопасная эксплуатация ГТС
4	Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; Федеральное агентство водных ресурсов; Федеральная служба по надзору в сфере природопользования	- восстановление и охрана водных объектов
5	Ростехнадзор МЧС России. Департамент мелиорации Минсельхоза России	- сокращение числа аварийных гидротехнических сооружений, в том числе бесхозных.
6	Ростехнадзор МЧС России	- сокращение негативного антропогенного воздействия вод и экологическая реабилитация водных объектов путем устранения аварий на ГТС.
7	Департамент мелиорации Минсельхоза России	Оценка риска аварий на объектах гидромелиоративных систем.

*Как федеральные службы, так и их региональные управления.

Для обслуживания интегрированной автоматизированной системы управления базой данных ГТС мелиоративного комплекса (СУБД), по мнению авторов, могут быть созданы центральный аппарат и филиалы на территории бассейнов крупнейших рек России и в субъектах с наиболее интенсивным развитием орошаемого земледелия.

При создании СУБД необходимо обеспечить многопользовательский режим работы, включая децентрализованное использование, что даст возможность каждой из вышеназванных организаций использовать базу данных для решения своих специфических вопросов.

Выводы

Для реализации мер, направленных на водообеспечение оросительных мелиораций, необходима *система сбора, регистрации, хранения, анализа, обработки и передачи информации* о состоянии ГТС, или мониторинг.

В идеале такая система должна представлять собой базу данных, охватывающую ГТС мелиоративного комплекса, по крайней мере Европейской части РФ, совместимую с базой данных РРГТС.

Управление базой данных достаточно трудоемко и требует применения интегрированных автоматизированных систем управления. Такие системы, представляющие из себя платформу-конструктор, обладающую гибкостью и универсальностью для настраивания объектов сложной структуры, позволяют решать целый спектр задач включая децентрализованное использование. Для обслуживания интегрированной автоматизированной системы управления базой данных ГТС мелиоративного комплекса (СУБД), по мнению авторов, может быть создан центральный аппарат и филиалы на территории бассейнов крупнейших рек России.

Библиографический список

1. Вольнов М.А., Жезмер В.Б., Сидорова С.А. Алгоритм формирования региональных схем обеспечения водными ресурсами оросительных мелиораций // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 5-6. – С. 47-50.
2. Вольнов М.А., Жезмер В.Б., Сидорова С.А. Некоторые аспекты оценки обеспеченности водными ресурсами объектов АПК // Природообустройство. – 2014. – № 4. – С. 53-60.

3. Вольнов М.А., Жезмер В.Б., Сидорова С.А. Алгоритм принятия решений при назначении мероприятий по оптимизации водоресурсного обеспечения водных мелиораций // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 6. – С. 36-40.

4. Федеральное агентство водных ресурсов. Российский регистр гидротехнических сооружений. <http://voda.mnr.gov.ru> (Дата обращения – 12.04.2016 г.);
e-mail: registrgts@mail.ru

5. Щедрин В.Н., Колганов А.В., Васильев С.М., Чураев А.А. Оросительные системы России: от поколения к поколению. Ч. 1. – Новочеркасск: Издательство ООО «Геликон», 2013. – 282 с.

6. СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003. <http://docs.cntd.ru/document/1200094156> (Дата обращения – 12.12.2016 г.).

7. Об утверждении Инструкции о ведении Российского регистра гидротехнических сооружений. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Приказ от 29 января 2013 г. № 34. <http://docs.cntd.ru/document/902398335> (Дата обращения – 12.12.2016 г.).

8. Щедрин В.Н., Васильев С.М., Слабунов В.В. Основные правила и положения эксплуатации мелиоративных систем и сооружений, проведения водочета и производства эксплуатационных работ. Т. 2. – Новочеркасск: Изд. – во ООО «Геликон», 2013. – 262 с.

9. Отчет по теме «Провести эколого-мелиоративное обследование ирригационно-освоенных лиманов Быковского, Николаевского, Палласовского районов, оценить агрохозяйственные ресурсы лугов и разработать мероприятия по восстановлению их продуктивности»: Государственный контракт от 22 июля 2011 г. № 271 на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ между Комитетом по сельскому хозяйству и продовольствию Администрации Волгоградской области и ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии. 87 с.

10. Отчет по теме «Выполнение работ по проведению инженерного обследования пожароопасных торфяников Гусь-Хрустального и Камешковского районов Владимирской области»: Контракт от 4 сентября 2012 г. № 42 между Департаментом природопользования Владимирской области и ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии. 76 с.

11. Декларация безопасности комплекса гидротехнических сооружений «Берегоукрепительные работы на р. Волга в районе г. Балахна, Нижегородская область (участки № 1; № 2)», выполненная согласно Муниципальному контракту № 21-04 от 2 июня 2014 г. с администрацией города Балахны, г. Балахна Нижегородской области. 158 с.

12. Декларация безопасности гидротехнических сооружений оградительной дамбы № 107 (оградительный вал, инв. № 3101030119) в Среднеахтубинском районе Волгоградской области, 2014 г., выполненная согласно Государственному контракту № 2014.210960 от 11 августа 2014 г. с Государственным казенным учреждением Волгоградской области «Межхозяйственный агропромышленный центр». 143 с.

13. Декларация безопасности гидротехнических сооружений гидроузла Михайло-Овсянского водохранилища Пестравского района Самарской области, выполненная согласно контракту с ФГУ «Управление «Самарамелиоводхоз»» Пестравского района Самарской области. № 03421000025140000075-К от 07.10.2014 г. 136 с.

14. Концепция Федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах», утвержденная распоряжением правительства Российской Федерации от 28 июля 2011 г. № 1316. http://old.roscomsys.ru/data/content/content_files/laws_comm/rasporyazhenie_o_vodohoz.pdf. (Дата обращения – 11.02.2016 г.).

15. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 377 от 2 июля 2012 г. «Об утверждении формы декларации безопасности гидротехнических сооружений (за исключением судоходных гидротехнических сооружений)». <http://base.garant.ru/70206024/>. (Дата обращения – 11.02.2016 г.).

16. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 30 октября 2013 г. № 506 «Об утверждении формы акта преддекларационного обследования гидротехнических сооружений (за исключением судоходных и портовых гидротехнических сооружений)» СП 58.13330.2012 г. <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70510986/> (Дата обращения – 12.12.2016 г.).

17. Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003. <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70510986/>

(Дата обращения – 11.02.2016 г.).

18. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662. <http://lawru.info/dok/2008/11/17/n53862.htm> (Дата обращения – 17.12.2015 г.).

19. Федеральная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» (Утв. постановлением Правительства РФ от 19 апреля 2012 г. № 350). http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_128911/ (Дата обращения – 17.12.2015 г.).

20. Методические указания по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов, утвержденные приказом МПР России от 4 июля 2007 г. № 169. <http://voda.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=2844> (Дата обращения – 17.12.2015 г.).

21. Ибрагимов А.Г., Рекс Л.М. Контролинг в деятельно-техноприродной системе. – М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2014. – 162 с.

22. Четыре основных принципа успешного построения системы управления проектами <http://q99.it/8AKaHdp>; www.adwanta-group.ru (Дата обращения – 20.08.2015 г.).

Материал поступил в редакцию 11.07.2016 г.

Сведения об авторах

Волынов Михаил Анатольевич, доктор технических наук, доцент, заведующий отделом безопасности ГТС гидромелиоративного комплекса; ФГБНУ «ВНИИ-ГиМ им. А.Н. Костякова»; 127550, Москва, Б. Академическая ул., д. 44, корпус 2; тел.: 8(499)153-21-33; e-mail: v1532133@yandex.ru

Жезмер Валентин Борисович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела безопасности ГТС гидромелиоративного комплекса; ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»; 127550, Москва, Б. Академическая ул., д. 44, корпус 2; тел.: 8(499)153-21-33; e-mail: v1532133@yandex.ru

Сидорова Светлана Алексеевна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела безопасности ГТС гидромелиоративного комплекса; ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова; 127550, Москва, Б. Академическая ул., д. 44, корпус 2; тел.: 8(499)153-21-33; e-mail: v1532133@yandex.ru

M.A. VOLYNOV, V.B. ZHEZMER, S.A. SIDOROVA

Federal state budgetary research institution «All-Russian research institute of hydraulic engineering and land reclamation named after A.N. Kostyakov» (FSBSI «VNIIGiM named after A.N. Kostyakov»), Moscow

METHODS OF THE ANALYSIS AND PROCESSING OF THE MONITORING DATA OF HYDRAULIC STRUCTURES OF THE RECLAMATION COMPLEX

Hydraulic structures (HS) are the only instrument which allows carrying out regulation, intake and transportation of water resources from water bodies for the needs of the agro-industrial complex (AIC), as well as discharge of waste water. Sufficiency of water supply of AIC objects entirely depends on the technical condition of HS objects. Data on HS enter the Russian Register of Hydraulic Structures (RRHS) not more than once in 3-5 years in the form of prepared in the course of declaration of HS safety «Information». For a regular determination of operational and ecological – economic assessment of the HS state it is not enough. With a purpose of the timely assessment of the state of hydraulic structures it is necessary to continuously maintain their monitoring to receive the maximum amount of the required information. On the basis of the monitoring data decision are made on the feasibility of the repair, reconstruction, new building, operation, preservation and liquidation of the HS which are, in particular, constituents of the irrigation and drainage systems (IDS). To conduct monitoring and integrated assessment of the IDS state it is necessary to establish a multilevel system of automated HS monitoring. Ideally, such a system should be a database covering hydraulic engineering systems of the reclamation complex, at least in the European part of RF and be compatible with the RRHS data base data. The mechanism on servicing the integrated automated system of database control of HS reclamation complex (DBCS) can be established within the Department of Land Reclamation of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation. When creating the database it is necessary to provide a multi-user mode including a decentralized use which will enable the interested organizations to use the database for solving their specific problems.

This article is a continuation of a series of articles devoted to water resources supply of water ameliorations [1-3].

Basin district, hydraulic structures (HS), HS safety, water economy, water body, water regime, water resources, water consumption, water economic balance, water economic unit.

References

1. Volynov M.A., Zhezmer V.B., Sidorova S.A. Algoritm formirovaniya regionalnykh skhem obespecheniya vodnymi resursami orositelnykh melioratsiy // Melioratsiya i vodnoe hozyaistvo. – 2014. – № 5-6. – S. 47-50.
2. Volynov M.A., Zhezmer V.B., Sidorova S.A. Nekotorye aspekty otsenki obespechennosti vodnymi resursami objektov APK // Prirodoobustroystvo. – 2014. – № 4. – S. 53-60.
3. Volynov M.A., Zhezmer V.B., Sidorova S.A. Algoritm prinyatiya resheniy pri naznachenii meropriyatij po optomozatsii vodoresursnogo obespecheniya vodnykh melioratsiy // Melioratsiya i vodnoye hozyaistvo. – 2015. – № 6. – S. 36-40.
4. Federalnoe agentstvo vodnykh resursov. Rossijskiy registr hidrotehnichekikh sooruzhenij. <http://voda.mnr.gov.ru> (Data obrashcheniya – 12.04.2016 g.); e-mail: registr@mts@mail.ru
5. Shchedrin V.N., Kolganov A.V., Vasiljev S.M., Churaev A.A. Orositelnyye sistemy Rossii: ot pokoleniya k pokoleniyu. Ch. 1. – Novochoerkassk: Izdatel'stvo OOO «Gelikon», 2013. – 282 s.
6. SP 58.13330.2012. Gydrotehnicheskije sooruzheniya. Osnovnyye polozheniya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP 33-01-2003. <http://docs.cntd.ru/document/1200094156> (Data obrashcheniya – 12.12.2016 r.).
7. Ob utverzhdenii Instruktsii o vedenii Rossijskogo registra hidrotehnichekikh sooruzhenij. Ministerstvo prirodnnykh resursov i ekologii Rossijskoj Federatsii. Prikaz 29 yanvarya 2013 g. № 34. <http://docs.cntd.ru/document/902398335> (Data obrashcheniya – 12.12.2016 r.).
8. Shchedrin V.N., Vasiljev S.M., Slabunov V.V. Osnovnyye pravila i polozheniya ekspluatatsii meliorativnykh sistem i sooruzhenij, provedeniya vodoucheta i proizvodstva ekspluatatsionnykh rabot. T. 2. – Novochoerkassk: Izd. – vo OOO «Gelikon», 2013. – 262 s.
9. Otchet po teme «Provesti ekologo-meliorativnoye obsledovanie irrigatsionno-osvoennykh limanov Bykovskogo, Nikolaevskogo,

Pallasovskogo rajonov, otsenitj agrohozyaistvennye resursy lugov i razrabotatj meropriyatiya po vosstanovleniyu ih productivnosti»: Gosudarstvenny contract ot 22 iyulya 2011 g. № 271 na vypolnenie nauchno-issledovateljskih i opytно-constructorskih rabot mezhdru Komitetom po seljskomu hozyajstvu i prodovoljstviyu Administratsii Volgogradskoj oblasti I GNU VNIIGiM Rossel'hozacademii. 87 s.

10. Otchet po teme «Vypolnenie rabot po provedeniyu inzhenerного obsledovaniya pozharоopasnyh torfyanikov Gusj-Hrustaljnogo I Kameshkovskogo rajonov Vladimirskoj oblasti»: Contract ot 4 sentyabrya 2012 g. № 42 mezhdru Departamentom prirodnopoljzovaniya Vladimirskoj oblasti i GNU VNIIGiM Rossel'hozacademii. 76 c.

11. Declaratsiya bezopasnosti complexa hidrotehnichekikh sooruzhenij «Beregoukrepitelnye raboty na r. Volga v rajone g. Balahna, Nizhegorodskaya oblastj (uchastki № 1; № 2)», vypolnennaya soglasno Munitsipaljnomu contractu № 21-04 ot 2 iyunya 2014 g. S administratsiej goroda Balahny, g. Balahna Nizhegorodskoj oblasti. 158 s.

12. Declaratsiya bezopasnosti complexa hidrotehnichekikh sooruzhenij ograditeljnoy damby № 107 (ograditeljny val, inv. № 3101030119) v Sredneahtubinskom rajone Volgogradskoj oblasti, 2014 g., vypolnennaya soglasno contractu № 2014.210960 ot 11 avgusta 2014 g. s Gosudarstvennym kazennym uchrezhdeniem Volgogradskoj oblasti «Mezhhozyaistvenny agropromyshlenny tsentr». 143 s.

13. Declaratsiya bezopasnosti complexa hidrotehnichekikh sooruzhenij gydrouzla Mihajlo-Ovsiyanskogo vodohranilishcha Pestravskogo rajona Samarskoj oblasti, vypolnennaya soglasno contractu s FGU «Upravlenie "Samarameliiovodhoz"» Pestravskogo rajona Samarskoj oblasti. № 03421000025140000075-K ot 07.10.2014 g. 136 s.

14. Contseptsiya Federalnoj tselevoj programmy «Razvitie vodohozyajstvennogo complexa Rossijskoj Federatsii v 2012-2020 godah», utverzhennaya rasporyazheniem pravilejstva Rossijskoj Federatsii ot 28 iyulya 2011 g. № 1316. http://old.roscomsys.ru/data/content/content_files/laws_comm/rasporyazhenie_o_vodohoz.pdf. (Data obrashcheniya – 11.02.2016 r.).

15. Prikaz Federalnoj sluzhby po ekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru № 377 ot 2 iyulya 2012 g. «Ob utverzhdenii formy declaratsii bezopasnosti gy-

drotehnichekikh sooruzhenij (za isklyucheniem sudohodnyh gydrotehnichekikh sooruzhenij)». <http://base.garant.ru/70206024/>. (Data obrashcheniya – 11.02.2016 g.).

16. Prikaz Federalnoj sluzhby po ekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru ot 30 oktyabrya 2013 g. № 506 «Ob utverzhdenii formy acta preddeklaratsionnogo obsledovaniya gydrotehnichekikh sooruzhenij (za isklyucheniem sudohodnyh i portovyh gydrotehnichekikh sooruzhenij)» SP 58.13330.2012 g. <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70510986/> (Data obrashcheniya – 12.12.2016 g.).

17. Gydrotehnichekije sooruzheniya. Osnovnye polozheniya. Aktualizirovannaya redactsiya SNIp 33-01-2003. <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70510986/> (Data obrashcheniya – 11.02.2016 g.).

18. Contseptsiya dolgosrochnogo sotsialjno-economicheskogo razvitiya Rossijskoj Federatsii na period do 2020 goda, utverzhennaya rasporyazheniem Praviteljstva Rossijskoj Federatsii ot 17 noyabrya 2008 g. № 1662. <http://lawru.info/dok/2008/11/17/n53862.htm> (Data obrashcheniya – 17.12.2015 g.).

19. Federaljnaya tselevaya programma «Razvitie vodohozyajstvennogo complexa Rossijskoj Federatsii v 2012-2020 godah» (Utv. Postanovleniem Praviteljstva RF ot 19 aprelya 2012 g. № 350). http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_128911/ (Data obrashcheniya – 17.12.2015 g.).

20. Metodicheskiye ukazaniya po razrabotke skhem complexnogo ispoljzovaniya i ohra-ny vodnyh objectov, utverzhennye prikazom MPR Rossii ot 4 iyulya 2007 g. № 169. <http://voda.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=2844> (Data obrashcheniya – 17.12.2015 r.).

21. Ibragimov A.G., Rex L.M. Controlling v deyateljno-tehnoprirodnoj sisteme. – M.: Izdateljstvo RGAU-MSHA, 2014. – 162 s.

22. Chetyre osnovnyh printsipa us-peshnogo postroeniya sistemy upravleniya proectami <http://q99.it/8AKaHdp>; www.adwanta-group.ru (Data obrashcheniya – 20.08.2015 g.).

The material was received at the editorial office
11.07.2016

Information about the authors

Volynov Mikhail Anatoljevich, doctor of technical sciences, associate professor, head of the department of GTS safety of the hydro reclamation complex;

FSBSI «VNIIGiM named after A.N. Kostyakov; 127550, Moscow, B. Academicheskaya ul., d. 44, corpus 2; tel.: 8(499)153-21-33; e-mail: v1532133@yandex.ru

Zhezmer Valentin Borisovich, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the GTS safety of the hydro reclamation complex; FSBSI «VNIIGiM named after A.N. Kostyakov; 127550, Moscow, B. Academicheskaya

ul., d. 44, corpus 2; tel.: 8(499)153-21-33; e-mail: v1532133@yandex.ru

Sidorova Svetlana Alexeevna, candidate of technical sciences, leading researcher of the GTS safety of the hydro reclamation complex; FSBSI «VNIIGiM named after A.N. Kostyakov; 127550, Moscow, B. Academicheskaya ul., d. 44, corpus 2; tel.: 8(499)153-21-33; e-mail: v1532133@yandex.ru

УДК 502/504:631.6(574)

Ж.С. МУСТАФАЕВ

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

МЕЛИОРАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В КАЗАХСТАНЕ: РАЗВИТИЕ, АНАЛИЗ И ОЦЕНКА

На основе материалов агентства статистики Республики Казахстан в период 1915-2015 гг. показаны тенденции и темпы освоения орошаемых земель Республики Казахстан. Для оценки интенсивности и направленности развития почвенно-мелиоративных процессов, для принятия технических и инженерных решений, для регулирования и управления гидрогеохимическим режимом орошаемых земель использованы методологии системных и всесторонних научных исследований в области природопользования в рамках выделенных трех периодов развития мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане. В результате широкого развития мелиорации во всех регионах Казахстана в период 1915-1990 гг. общая площадь мелиорируемых земель достигла до 2725,0 тыс. га. После получения суверенитета площадь орошаемых земель сократилась до 1392,0 тыс. га. Появилась необходимость выявления причинно-следственной связи сформировавшихся почвенно-мелиоративных процессов, сложившихся в орошаемых землях, и разработка концепции дальнейшего развития с учетом гидроэкологических ограничений, обеспечивающих устойчивое развитие страны. Выполненный анализ оценки опыта развития мелиорации сельскохозяйственных земель Казахстана, включающих в себя гидротехнические и мелиоративные решения в рамках освоения орошаемых земель в период 1915-2015 гг., может быть принят в основу разработки концепции мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане, направленной на восстановление, сохранение и нормализацию почвенно-мелиоративных процессов агроландшафтных систем, которые в перспективе и обеспечат продовольственную безопасность страны и их устойчивое развитие.

Мелиорация, земля, орошение, сельскохозяйственные угодья, водопотребление, водообеспеченность, метод, способ, система, коллектор, дренаж.

Введение. Сельскохозяйственные угодья Казахстана занимают 222,998 млн га, в том числе пашня – 33,897 млн га, многолетние насаждения – 0,1056 млн га, залежи – 1,7076 млн га, пастбища – 179,514 млн га. Имеются также 0,184 млн га приусадебных земель и 8,435 млн га леса, где сосредоточен агропромышленный комплекс страны.

Широкое развитие мелиорации сельскохозяйственных земель во всех областях, т.е. от предгорных до лесостепных зон Казахстана, охватывающих пустынную зону, позволило довести их площадь до 2725,0 тыс га. В результате происходило резкое нарушение практически всех естественных процессов: изменился режим по-

стоянных и временных водотоков речных систем; многократно усилились геохимические потоки за счет вовлечения в активный круговорот огромных масс солей, ранее «захороненных» природой; в пределах агроландшафтов и прилегающих к ним территорий изменился микроклимат, почвенные, биологические, гидрогеологические и экологические процессы, ввиду чего появились техногенно-нарушенные ландшафты, требующие функционально-компонентную и структурную реконструкцию для восстановления и нормализации их почвенно-экологической устойчивости.

Цель исследования. На основе систематизации и анализа фондовых матери-

алов, характеризующих хозяйственные, социальные, политические, природные и экологические условия развития мелиорации в Казахстане в период 1915-2015 гг., дать критическую оценку и установить основные тенденции деятельности антропогенных процессов, определяющих направления стратегии будущих мелиораций.

Материалы и методы исследования базируется на методологии системных и всесторонних научных исследований в области мелиорации и экологии с использованием информационно-аналитических материалов по сельскому хозяйству агентства статистики Республики Казахстан.

Результаты и обсуждение. История развития Казахстана показывает, что можно выделить три характерных периода [1]:

1. Восстановление существующих и действующих оросительных систем в период до и после революционного периода, охватывающих 1985-1965 гг., когда орошение земель играло исключительно важную роль в жизни общества и населения Южного Казахстана, и в период 1900-1915 гг. в среднем течении и низовьях реки Сырдарья, бассейна реки Келес и Арысь, когда на территории нынешнего Казахстана размещались около 669,6 тыс. га орошаемых земель, или 2,5% общей площади страны. При этом до 1965 г. южные регионы Казахстана были своего рода полигонами, на которых методом проб и ошибок развивалась теория и практика орошаемого земледелия, т.е. площадь их достигала 1,353 млн га. Следовательно, в этот период развития мелиорации сельскохозяйственных земель взаимодействия между обществом и природой осуществлялись в рамках возможности природной системы, т.е. по принципу «Природа дала, человек использовал».

2. На основе принятой в 1966 г. масштабной программы «О широком развитии мелиорации земель для получения высоких и устойчивых урожаев зерновых и других сельскохозяйственных культур» период 1966-1990 гг. стал для Республики Казахстан общей стратегией развития мелиорации сельскохозяйственных земель во всех агроклиматических зонах и водохозяйственных бассейнах. За всю историю Казахстана орошаемые площади увеличились до 2,725 млн га. В 1985 г. были разработаны дополнительные программы развития мелиорации сельскохозяйственных земель

до 2000 г. с целью увеличения их площади до 3,510 млн га (табл. 1).

В этот период практически полностью использованы стоки рек Сырдарья, Арысь, Келес, Асса, Талас, Шу, Или и др. Введены в действие канал Иртыш-Караганда, Большой Алматинский канал, полностью освоены незаселенные и частично засоленные земли в бассейнах рек Сырдарья, Или, Каратал, Шу, Талас, Тентек, Асса и в зоне действия Иртыш-Караганды. Большие работы велись в бассейне реки Иртыш, где площадь регулярного орошения составила 447,0 тыс. га, а лиманного орошения – 309,0 тыс. га. В результате объем водопотребления перешла объем располагаемых водных ресурсов на 25%, т.е. образовался дефицит водных ресурсов. Чтобы его ликвидировать, было рекомендовано использовать высокоминерализованные коллекторно-дренажные и сточные воды. В перспективе была предусмотрена переброска стоков сибирских рек в Казахстан и Центральную Азию.

В связи увеличением площади орошаемых земель во всех областях и водохозяйственных бассейнах Казахстана за счет засоленных земель увеличился удельный объем водопотребления, т.е. оросительная норма орошаемых земель (табл. 2). При этом оросительная норма сельскохозяйственных земель в сравнении с испаряющей способностью природной системы в конкретных водохозяйственных бассейнах на 40% больше, и их величина постоянно возрастала, что привело к изменению режима постоянных и временных водотоков речных систем; многократно усилились геохимические потоки за счет вовлечения в активный круговорот огромных масс солей, ранее «захороненных» природой; в пределах агроландшафтов и прилегающих к ним территорий изменился микроклимат, почвенные, биологические, гидрогеологические и экологические процессы. В результате появились техногенно-нарушенные агроландшафты, требующие функционально-компонентную и структурную реконструкцию их восстановления и нормализации.

Для обеспечения почвенно-мелиоративной устойчивости орошаемых земель возникла необходимость проектирования и строительства коллекторно-дренажных систем, широко используемых на осушаемых землях, так как в данный момент развития мелиорации сельскохозяйственных земель других технических средств не было.

Таблица 1

Развитие мелиорации сельскохозяйственных земель Казахстана до 2000 г.

Область	Площадь орошаемых земель, тыс. га					
	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Актюбинская	8.0	10.0	6.0	31.5	53.5	72.0
Алматинская	300.0	310.0	315.0	306.0	372.0	501.2
Восточно-Казахстанская	82.0	77.0	78.0	87.4	115.0	185.0
Атырауская	7.5	18.0	18.5	42.1	49.1	59.0
Жамбылская	300.0	275.0	225.0	264.5	335.0	431.0
Жезказганская	5.0	7.0	7.0	11.6	28.0	46.0
Карагандинская	15.0	17.0	17.5	52.4	90.0	95.0
Кызылординская	185.0	220.0	200.0	250.4	300.0	320.0
Кокшетауская	1.2	1.5	2.5	11.6	20.0	26.0
Кустанайская	6.4	7.1	12.5	19.2	27.0	27.0
Мангистауская	-	-	-	1.1	2.0	5.0
Павлодарская	2.0	2.5	12.0	49.0	165.0	325.0
Северо-Казахстанская	2.2	2.3	5.0	6.3	10.0	19.0
Семипалатинская	101.6	102.0	87.4	98.5	164.0	275.5
Талдыкурганская	135.0	145.0	150.0	271.6	350.0	440.0
Тургайская	3.0	3.1	3.5	4.9	11.0	17.0
Западно-Казахстанская	12.0	7.0	12.5	50.4	87.0	91.5
Акмолинская	2.1	7.5	7.6	28.0	40.0	40.0
Южно-Казахстанская	265.0	300.0	350.0	427.0	505.0	535.0
Республика Казахстан	1433.0	1512.0	1510.0	2015.0	2725.0	3510.0

Таблица 2

Удельная водоподача орошаемых земель по областям и водохозяйственным бассейнам Казахстана

Область	Удельная водоподача орошаемых земель, м³/га					
	1960	1970	1980	1990	2000	2010
Ергистский водохозяйственный бассейн						
Восточно-Казахстанская	3500	4890	5450	5965	9078	4821
Павлодарская	4200	5100	6050	6200	7300	4590
Балхаш-Алакольский водохозяйственный бассейн						
Алматинская	12100	15300	14800	11800	7850	7360
Шу-Таласский водохозяйственный бассейн						
Жамбылская	5600	6570	6890	7290	7300	5820
Арал-Сырдаринский водохозяйственный бассейн						
Южно-Казахстанская	16090	16300	16450	17540	7900	8200
Кызылординская	38200	45100	36200	37200	32300	32689
Жайык-Каспийский водохозяйственный бассейн						
Актюбинская	3670	4100	4500	6700	8450	8350
Атырауская	7200	7500	7900	8560	9270	9500
Мангистауская	-	-	7860	8320	9350	9430
Западно-Казахстанская	3170	4070	5600	6350	8200	8250
Есильский водохозяйственный бассейн						
Северо-Казахстанская	3200	3450	5670	6340	8490	8230
Акмолинская	4980	5640	7890	8120	11140	8670
Нура-Сарысуский водохозяйственный бассейн						
Карагандинская	5400	5890	6780	7120	7350	7400
Тобол-Тургайский водохозяйственный бассейн						
Кустанайская	3700	4120	4320	4560	5140	5060

Таким образом, в орошаемых зонах недостаточного увлажнения возникла необходимость совместного использования технологии и технических средств при орошении и осушении, т.е. против законов природы проектировали системы двухстороннего регулирования водного режима орошаемых земель, что способствовало применению водоемких методов и способов орошения. В результате в технологических процессах мелиорации сельскохозяйственных земель появились термины «биологическая норма водопотребности», «почвенно-мелиоративная водопотребность агроландшафтов для комплексного регулирования основных факторов жизнедеятельности растений» и «мелиоративно-промывная водопотребность агроландшафтов для регулирования гидрогеохимического режима почв и грунтовых вод» [2]. На основе этих понятий были разработаны «Укрепленные нормы водопотребности для орошения по природно-климатическим зонам СССР» [4] и «Нормирование орошения в водохозяйственных бассейнах Казахстана» [5], т.е. в этих нормативных документах не соблюдены такие основные принципы мелиорации сельскохозяйственных земель, как «Повышение биологического и недопущение геологического круговорота воды и химических веществ».

Как видим, идея масштабной программы «О широком развитии мелиорации земель для получения высоких и устойчивых урожаев зерновых и других сельскохозяйственных культур», несмотря на затраченные огромные материальные ресурсы для построения крупных водохозяйственных систем, не была полностью реализована, так как наука и практика в области мелиорации сельскохозяйственных земель в данном этапе развития не смогли определить потенциальный и предельно допустимый уровень использования природных, в том числе водных ресурсов, для развития агропромышленного комплекса страны.

Таким образом, на данном этапе развития, несмотря на огромные достижения в области теоретического обоснования мелиорации сельскохозяйственных земель в странах СНГ с экологической, экономической и социальной позиции, определить цели и ценности природопользования и природообустройства как среды обитания человека не представлялось возможным [3]. Поэтому данный период развития мелиорации сельскохозяйственных земель в Ка-

захстане можно отнести к периоду «борьбы со следствиями мелиорации, а не с причинами», т.е. к «периоду огромных возможностей человечества для разрушения природной системы».

3. В период формирования суверенного государства Республики Казахстан, история которого начинается с 1990 г., наблюдается постепенное снижение площади орошаемых земель от 2311 тыс. га до 1392 тыс. га, особенно в Жайык-Каспийском, Нура-Сарысуском, Есельском и Тобол-Тургайском водохозяйственных бассейнах, где необходимость мелиорации сельскохозяйственных земель не была обоснована в экологическом, экономическом и социальном аспектах (табл. 3). При этом следует отметить, что в условиях ожидаемого глобального изменения климата водообеспеченность основных зон орошения, расположенных в южных регионах Казахстана с общей площадью 1350 тыс. га, во многом зависит от режима формирования и функционирования стока трансграничных рек, так как южный регион Казахстана находится в зоне magazинирования геохимического стока. Однако, несмотря на сложности регулирования и управления гидрогеохимическим режимом орошаемых земель и водными ресурсами трансграничных рек, еще не разработана концепция мелиорации сельскохозяйственных земель и сбалансированного использования водными ресурсами в Республике Казахстан, во многом определяющих экологическую устойчивость природной системы, водной и продовольственной безопасности страны.

В настоящее время многие научные учреждения и организации, занимающиеся вопросами мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане, еще не могут четко определить объекты мелиорации, и поэтому во многих нормативных документах показатели мелиорации определяются и оцениваются на основе урожайности сельскохозяйственных культур, т.е. на получение «рекордных урожаев».

«Оценка перспектив устойчивого развития государств бассейна Аральского моря с помощью модельных расчетов», выполненной в Научно-информационном центре (НИЦ) Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссией (МКВК), когда норма водопотребности сельскохозяйственных угодий для государств Центральной Азии и Казахстана определена в пределах 9600-13920 м³/га [6], которые показы-

вают на 1,25-1,50 раз больше испаряющей способности природной системы. Иначе говоря, каждый год в пределах 4800-6860 м³/га воды, поданной на орошаемые земли, пополняют почвенно-грунтовые емкости ландшафтов и изменяют направленности почвообразовательного процесса от автоморфных до гидроморфных, т.е. во многих регионах сформировались лугово-болотные и болотные почвы. Поэтому цели МКВК, показанные в рамочных документах: сохранение

и развитие водных ресурсов, высокопродуктивное использование каждого кубометра воды, разумное управление водой, обеспечение устойчивости экологической обстановки в бассейне Аральского моря, – не будут практически реализованы, так как нарушен принцип паритетности водопользования между обществом и природой, т.е. основополагающие принципы ресурсосбережения, базирующиеся на понятиях мало- и безотходных технологий.

Таблица 3

Распределение орошаемых земель по водохозяйственным бассейнам Казахстана

Области	Площадь орошаемых земель, тыс. га			
	1990	2000	2005	2010
1	2	3	4	5
Ертысский водохозяйственный бассейн				
Восточно-Казахстанская	215.0	25.8	59.56	58.4
Павлодарская	84.0	4.8	7.30	7.30
Балхаш-Алакольский водохозяйственный бассейн				
Алматинская	622.2	440.0	512.4	483.3
Шу-Таласский водохозяйственный бассейн				
Жамбылская	245.0	118.95	137.45	161.0
Арало-Сырдаринский водохозяйственный бассейн				
Южно-Казахстанская	485.0	414.9	458.09	435.2
Кызылординская	251.0	147.8	149.45	164.1
Жайык-Каспийский водохозяйственный бассейн				
Актюбинская	41.0	8.6	9.28	10.3
Западно-Казахстанская	54.0	8.8	2.18	2.8
Атырауская	34.0	3.4	3.87	3.8
Мангистауская	2.0	0.74	-	-
Нура-Сарысуский водохозяйственный бассейн				
Карагандинская	124.0	65.2	53.84	57.3
Есельский водохозяйственный бассейн				
Акмолинская	40.0	3.55	1.0	9.9
Северо-Казахстанская	26.0	3.70	0.28	2.9
Тобол-Тургайский водохозяйственный бассейн				
Кустанайская	41.0	4.30	3.78	3.9
Республика Казахстан	2311.0	1233.0	1398.48	1392.0

Следовательно, данный этап развития мелиорации сельскохозяйственных земель Казахстана можно представить как период «отрицания истинной науки в области природопользования и непонимания сущности мелиорации сельскохозяйственных земель».

Закон «Отрицание отрицания» – один из основных законов диалектики, характеризующий направление, форму и результат процесса развития, в том числе мелиорации сельскохозяйственных земель. Согласно этому закону развитие любых технологических процессов в области мели-

орации осуществляется циклами, каждый из которых состоит из трех стадий: исходное состояние объекта исследования, его превращение в свою противоположность (отрицание), превращение этой противоположности в свою противоположность (отрицание и отрицание). Закон взаимоперехода количественных и качественных изменений раскрывает механизм формирования нового, еще не существующего, и согласно таким закономерностям развивается теория и практика мелиорации сельскохозяйственных земель. При этом единство

и противоположность законов диалектики обеспечивают понимание системности развития внутрирасчленяющей целостности природного процесса, что определяет необходимость пересмотра принципа мелиорации сельскохозяйственных земель, так как он должен осуществляться в пределах возможности природной системы [2].

Казахстан располагает достаточным биоклиматическим потенциалом и площадью плодородных земель, чтобы обеспечить продовольственную безопасность страны и стать одним из ведущих в мире экспортеров сельскохозяйственных продуктов. Однако для этого необходимо решить проблему улучшения состояния сельскохозяйственных угодий и агроландшафтов на основе адаптивно-ландшафтных мелиораций [7].

Выводы

Улучшение природной, экологической и социально-экологической обстановки в Казахстане возможно только при условии коренного изменения существующей стратегии социально-экономического развития страны, в основу которой должны быть положены идеи, предусматривающие, прежде всего, нормализацию условий жизни человека и окружающей его природной среды посредством оптимального управления социальными и природными процессами, включающими в себя регулирование биологического и геологического круговоротов воды и химических элементов и экологизацию всей технологии в целом. При этом разработка почвенно-экологической концепции мелиорации сельскохозяйственных земель на глобальном уровне в Казахстане, к которой относятся агроклиматические зоны, позволяет пересмотреть стратегию мелиорации с учетом геоэкологических ограничений при территориальном планировании агропромышленного комплекса, разработать общие принципы регулирования мелиоративного режима орошаемых земель с учетом направленности и интенсивности почвообразовательного процесса и требований экологии в региональных и локальных уровнях иерархических систем.

Таким образом, при планировании мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане необходимо решить ряд важных вопросов о необходимости и целесообразности орошения по агроклиматическим зонам, во-первых, на основе оценки климатических, геолого-геоморфологических, ги-

дрологических и ландшафтных факторов, обуславливающих экологически допустимые пределы использования природно-ресурсного потенциала территории; во-вторых, определить имеющиеся объемы поверхностных и подземных водных ресурсов, которые допустимо использовать для орошения, площади сельскохозяйственных угодий, пригодные для орошаемого земледелия; в-третьих, установить уровень технико-технологического и социально-экономического развития региона, обеспечивающий внедрение высокоэффективных и экологически безопасных ирригационных технологий и технологических систем.

Библиографический список

1. Мустафаев Ж.С. Почвенно-экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель. – Алматы: Гылым, 1997. – 358 с.
2. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д. Адаптивно-ландшафтные мелиорации земель в Казахстане. – Тараз: «TOOBIGNEJSERSERVICE», 2012. – 528 с.
3. Айдаров И.П., Голованов А.И. Мелиорация земель в России: научное обоснование, современный подход // Мелиорация и водное хозяйство. – 2005. – № 5. – С. 22-27.
4. Укрепленные нормы водопотребности для орошения по природно-климатическим зонам СССР. – М.: «Союзгипроводхоз», 1984. – 346 с.
5. Ибатуллин С.Р., Кван Р.А., Парамонов А.И., Балгабаев Н.Н. Нормирование орошения в водохозяйственных бассейнах Казахстана. – Тараз: ИЦ «Аква», 2008. – 122 с.
6. Рузиев М.Т., Приходько В.Г. Оценка перспектив устойчивого развития государств бассейна Аральского моря с помощью модельных расчетов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2002. – № 1. – С. 54-56.
7. Мустафаев К.Ж. Методологические основы экологической оценки емкости природных систем. – Тараз: ТОО «Формат-Принт», 2014. – 316 с.

Материал поступил в редакцию 30.05.2016 г.

Сведения об авторе

Мустафаев Жумахан Сулейменович, доктор технических наук, профессор, Казахский национальный аграрный университет; Казахстан, 050010, г. Алматы, проспект Абая, д. 8; e-mail: z-mustafa@rambler.ru

ZH.S. MUSTAFAEV

Kazakh national agrarian university, Almaty, Kazakhstan

RECLAMATION OF AGRICULTURAL LANDS IN KAZAKHSTAN, ANALYSIS AND ASSESSMENT

Based on the materials of the agency of statistics of the Republic of Kazakhstan in the period of 1915-2015 there are shown tendencies and rates of development of irrigated lands of the Republic of Kazakhstan. For assessment of the intensity and direction of development of soil-reclamation processes, for making technical and engineering decisions, for regulation and management of hydro geochemical regime of irrigated lands there are used methods of systematic and comprehensive scientific investigations in the field of environmental use within three marked out periods of development of agricultural land reclamation in Kazakhstan. As a result of the extensive development of land reclamation in all regions of Kazakhstan for the period of 1915-1990, the overall area of reclaimed lands reached to 2725.0 ths ha. After receiving the sovereignty the area of irrigated lands decreased to 1392.0 ths ha. There appeared the necessity of revealing a cause-effect relation of the formed soil-reclamation processes emerged in irrigated lands and working out of the concept of further development taking into account hydro ecological limitations ensuring a stable development of the country. The fulfilled analysis of the assessment of the experience of assessment of agricultural lands reclamation in Kazakhstan including hydraulic and reclamation solutions within the framework of development of irrigated lands in the period of 1915-2015 years may be accepted as a basis for development of the concept of reclamation of agricultural lands in Kazakhstan aimed at restoration, conservation and normalization of soil-reclamation processes of agro-landscape systems which in the long term provide the country's food security and sustainable development.

Land reclamation, land, irrigation, agricultural land, water use, water availability, techniques, method, system, sewer, drainage.

References

1. Mustafaev Zh.S. Pochvenno-ecologicheskoe obosnovanie melioratsii swljkochozyajstvennyh zemel. – Almaty: Gylym, 1997. – 358 s.

2. Mustafaev Zh.S., Ryabtsev A.D. Adaptivno-landshaftnye melioratsii zemel v Kazakhstane. – Taraz: «TOOBIGNEJSERSERVICE», 2012. – 528 s.

3. Aidarov I.P., Golovanov A.I. Melioratsiya zemel v Rossii: nauchnoe obosnovanie, sovremenny podhod // Melioratsiya I vodnoe hozyaistvo. – 2005. – № 5. – S. 22-27.

4. Ukreplennye normy vodopotrebnosti dlya orosheniya po prirodno-climaticheskim zonam SSSR. – M.: «Soyuzgiprovodhoz», 1984. – 346 s.

5. Ibatullin S.R., Kvan R.A., Paramonov A.I., Balgabaev N.N. Normirovanie orosheniya v vodohozyaistvennyh basseynah Kazakhstana. – Taraz: ITS «Arkva», 2008. – 122 s.

6. Ruziev M.T., Prikhodjko V.G. Otsenka perspective ustoichivogo razvitiya gosudarstv basseina Araljskogo morya s pomoshchju medelnyh raschetov // Melioratsiya I vodnoye hozyaistvo. – 2002. – № 1. – S. 54-56.

7. Mustafaev K.Zh. Metodologicheskie osnovy ekologicheskoy otsenki emkosti prirodnyh system. – Taraz: TOO «Format-Print», 2014. – 316 s.

The material was received at the editorial office
30.05.2016.

Information about the author

Mustafaev Zhumahan Suleimenovich, doctor of technical sciences, professor, Kazakh national agrarian university; Kazakhstan, 050010, Almaty, prospect Abaya, d. 8; z-mustafa@rambler.ru

УДК 502/504: 631.459: 630*231

А.И. ПЕТЕЛЬКО

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Новосильская зональная агролесомелиоративная опытная станция имени А.С. Козменко Всероссийского научно-исследовательского агролесомелиоративного института», г. Мценск, Россия

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПЛОДРОДИЯ СМЫТЫХ ПОЧВ

В статье рассматриваются различные способы восстановления плодородия эродированных почв. Многолетние травы, защитные лесные насаждения, коренное и поверхностное улучшение лугов и пастбищ, контурно-мелиоративная организация территории на ландшафтной основе, почвозащитные технологии возделывания сельскохозяйственных культур с противоэрозионными способами обработки почвы и другие мероприятия способствуют защите почвы от водной эрозии на склоновых землях. В зависимости от крутизны склонов можно выделить три технологические группы почв: пашня на водоразделах и приводораздельных плато с крутизной склонов до 3°; пашня на склонах крутизной от 3 до 5°; пашня на склонах крутизной свыше 5°. В почвозащитных севооборотах 50% площади отводится под многолетние травы: 1, 2, 3 поля – многолетние травы; 4 – озимые; 5 – овес + многолетние травы. Участки с лучшими почвенными условиями (намытые почвы) отводят под плодово-ягодные насаждения, семенники трав. Коренное улучшение проводят на низкопродуктивных лугах (присетевые земли и доступные для тракторной обработки берега гидрографической сети). Поверхностное улучшение проводят чаще, чем коренное. Наиболее рациональным является луго-лесное использование смытых земель присетевых склонов и гидрографической сети при создании на них долговечных культурных пастбищ.

Почва, сток, эрозия, лесные полосы, многолетние травы, почвозащитные севообороты.

Введение. Изучение способов восстановления плодородия смытых почв, накопления в них органического вещества путём внесения органических и минеральных удобрений и посевом многолетних трав в 30-е г. на Новосильской станции проводилось М.М. Кононовой и Я.В. Корневым [1, 2]. Они установили, что минеральные и органические удобрения служат средством, дающим возможность культуры растений на бросовых землях. Злаково-бобовые травосмеси способствуют накоплению в короткий срок органического вещества и улучшению водно-физических свойств. За 2 года на фоне минеральных удобрений травосмеси способствовали накоплению 0,5% гумуса. Использование бросовых земель возможно в севооборотах с травосмесями (злаки + бобовые) с широким отношением трав к прочим культурам, что усилит их сопротивляемость смыву и размыву, сократит потери почвы с выщележащих склонов.

В 50-е и последующие годы многолетними исследованиями Новосильской станции [3,4] и других научно-исследовательских учреждений было установлено, что многолетние травы наряду с лесными насаждениями являются эффективным средством в борьбе с водной эрозией на склонах, берегах гидрографической сети, с донными

размывами. Подбирались и испытывались высокоурожайные злаково-бобовые травосмеси. Изучались естественная растительность, ее продуктивность и противоэрозионная роль, приемы коренного и поверхностного улучшения, способы повышения урожайности многолетних трав.

Изучение изменений агрохимических показателей во времени (за 10-летний период) под многолетними травами (злаково-бобовая травосмесь) в системе ЗЛН показало, что накопление гумуса в 0-50 см слое почвы интенсивнее идет на присетевых склонах. На участке присетевого склона запасы гумуса увеличились на 27, приводораздельного – на 17 т/га. Под естественным разнотравным лугом на присетевом склоне этот показатель

увеличился на 13 т/га, под лесной полосой из березы в среднем на 20, под массивным насаждением из дуба на средней части берега отвершка – на 25 т/га. По содержанию обменного калия сложился отрицательный, содержание подвижного фосфора – неудовлетворительный баланс. Другие показатели изменялись незначительно в лучшую сторону [5]. При лесолуговом освоении бросовых земель необходимо применение полного минерального удобрения.

Материалы и методы исследования. Безусловно, важная роль в восста-

новлении и повышении плодородия эродированных земель принадлежит удобрениям. По данным Новосильской зональной агролесомелиоративной опытной станции, на удобренных смытых почвах лучше развиваются культурные растения, они более надёжно защищают почву от водной эрозии, уменьшают смыв и размыв почвы.

При недостатке питания растения расходуют большую часть веществ на развитие корневой системы, наземная часть отстаёт в росте.

Для получения высоких урожаев озимых культур необходимо совместное применение органических (навоза) и минеральных удобрений. Под озимые навоз вносят под основную обработку: при посеве озимых культур по занятым парам, при вспашке пара – осенью или под предшествующую культуру. Ранневесеннюю подкормку азотом необходимо проводить в наиболее оптимальные сроки.

На кислых почвах проводят известкование, рН определяют в полевой вытяжке, содержание гумуса в почве – по методу И.В. Тюрина. Смыв почвы по твёрдому стоку определяли путём отбора проб сточной воды на мутность. Использовались и другие типовые методы по защите почв от водной эрозии.

В комплексе противоэрозионных мероприятий важное место отводится защитным лесным насаждениям, которые сформировали участки активного почвообразования. К лугомелиоративным приёмам относится поверхностное и коренное улучшение сенокосов и пастбищ.

Результаты исследований. В системе противоэрозионных комплексов главная роль отводится ЗЛН. Выполняя многофункциональную мелиоративную роль в процессе длительного действия, они оказывают всестороннее влияние на показатели и свойства (морфологические, агрохимические, водно-физические) смытых почв, активизируют почвообразовательный процесс, изменяя его направленность, восстанавливают утраченное плодородие. Как показали исследования, проведенные в ОПХ Новосильской ЗАГЛОС на землепользовании которого создан и действует более 60 лет противоэрозионный агролесомелиоративный комплекс [6,7], за 30-35 лет ЗЛН Новосильской ЗАГЛОС сформировали участки пояса и зоны активного почвообразования, в границах которых ускоренными темпами

трансформируются основные свойства почв: возрастает поглотительная способность, улучшаются водно-физические свойства и инфильтрационная способность, повышается содержание гумуса, валовых запасов и подвижных форм элементов питания растений.

В отличие от одиночных линейных лесонасаждений дальность почвоулучшающего влияния которых простирается не более чем на 5Н вверх и вниз по склону, в системе контурных противоэрозионных лесонасаждений с межполосным расстоянием до 250 м почвоулучшающее влияние охватывает до 90% занимаемой площади. При меньших расстояниях почвенное плодородие восстанавливается на всей мелиорированной площади [8].

На объектах опытной сети ВНИАЛ-МИ агролесомелиорации в других почвенно-климатических условиях действие ЗЛН на смытые почвы проявилось аналогичным образом [9–11]. Глубокие изменения под лесной растительностью установлены и многими другими исследованиями [12,13].

На юге Нечерноземья, с сильно расчлененным рельефом, сложной конфигурацией и относительно небольшими площадями балочных водосборов, на которых проявляются эрозионные процессы, необходимо внедрение принципиально новой почвозащитной системы земледелия с контурно-мелиоративной организацией территории. Контурно-мелиоративная организация землепользования хозяйства должна быть составной частью контурно-мелиоративной организации водосборной территории.

Контурно-мелиоративная организация территории на ландшафтной основе предусматривает:

- оптимальное соотношение различных угодий;
- компактность территории хозяйств;
- отход от прямолинейной организации территории;
- возделывание земель в соответствии с технологическими группами в зависимости от крутизны склонов;
- совершенствование структуры посевных площадей в зависимости от групп качества почвы;
- внедрение почвозащитных интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур с противоэрозионными способами обработки почвы;

- регулирование поверхностного стока в сложившихся агроландшафтах за счет строительства гидротехнических сооружений, противоэрозионных лесных насаждений, засыпки и выполаживания оврагов, промоин, проведения агротехнических противоэрозионных мероприятий.

Границы категорий земель, полей, рабочих участков размечают с учетом горизонталей, с достаточным радиусом кривизны и закрепляют на местности лесополосами, валами, канавами и др. На полях проектируют рубежи второго порядка в виде напашных обрабатываемых валов или лесополос, или тех и других. Проектируют их столько, сколько необходимо для задержания поверхностного стока вод. При невозможности задержания проектируют сброс их по водостокам в гидрографическую сеть.

Почвозащитные интенсивные технологии предусматривают борьбу с переуплотнением почвы, научно-обоснованное применение химических средств защиты растений и удобрений, разноглубинные и поверхностные обработки, безотвальную обработку сложных склонов, запашку измельченной соломы и сидератов в пару и промежуточных посевах, увеличение посевов зернобобовых культур, многолетних бобово-злаковых трав, обеспечивающих воспроизводство и повышение плодородия почв.

В зависимости от крутизны склонов можно выделить три технологические группы почв:

- пашня на водоразделах и приводораздельных плато с крутизной склонов до 3°;
- пашня на склонах крутизной от 3 до 5°;
- пашня на склонах крутизной свыше 5°.

Согласно классификации, разработанной А.С. Козменко с дополнениями отдела борьбы с эрозией почв ВНИИАЛМИ, по интенсивности процессов эрозии и хозяйственному использованию почвы первых двух групп – это земли приводораздельного фонда, почвы третьей – присетевого фонда; гидрографический фонд – суходольная гидрографическая сеть – берега, крутосклоны с промоинами и размывами, и днища суходолов. На землях приводораздельного фонда смыв почвы слабый или отсутствует; почвы несмытые или слабосмытые. На приводораздельных частях склонов создают стокорегулирующие контурные лесные полосы. Количе-

ство их определяется длиной и падением крутизны и должно быть сопряжено с границами групп почвы. Для коротких склонов – 1-2 лесные полосы. В межполосных пространствах размещают полевые севообороты. При интенсивных почвозащитных технологиях севообороты, независимо от их специализации, должны способствовать воспроизводству плодородия, поддержанию положительного баланса гумуса, чего можно достичь введением в них зернобобовых культур, злаково-бобовых травосмесей, сидеральных паров, повторных посевов. На землях первой группы можно размещать зернопаропропашные, зернопропашные, на землях второй – преимущественно зернотравяные и зернотравянопропашные. Почвы третьей группы – земли присетевого фонда, непосредственно прилегают к гидрографической сети; Нередко это мелкоконтурные разобценные участки с сильноосмытыми почвами.

На верхней границе присетевого фонда размещают стокорегулирующую лесную полосу (по контуру), на нижней – прибалочную. Мелкоконтурные участки отводят под постоянное залужение. Размывы обсаживают вдоль бровок или облесяют сплошь.

При залужении и в почвозащитных севооборотах целесообразно использовать злаково-бобовые травосмеси. Злаки, обладая мощной корневой системой, расположенной в верхней части почвенного покрова, надежно защищают почву от смыва. Бобовые служат источником азота. Эффективны трехкомпонентные смеси: два – злаки из корневищных и рыхлокустовых (корневищный – костер безостый, рыхлокустовые – тимофеевка луговая и овсяница луговая), один – представитель бобовых (люцерна посевная или клевер луговой).

В почвозащитных севооборотах 50% площади отводится под многолетние травы: 1, 2, 3 поля – многолетние травы, 4 – озимые, 5 – овес + многолетние травы. Участки с лучшими почвенными условиями (намытые почвы) отводят под плодово-ягодные насаждения, семенники трав.

Стокорегулирующие 3-4 рядные лесные полосы рекомендуется создавать из березы повислой, лиственницы сибирской, ели обыкновенной и др. пород. Для повышения противоэрозионной роли при необходимости их сочетают с простейшими гидротехническими устройствами (канавы, валы).

Гидрографический фонд. Густая сеть размывов и большая крутизна берегов не позволяет вовлекать эти земли в интенсивное сельскохозяйственное пользование. В основном это низкопродуктивные сенокосно-пастбищные угодья, выбитые скотом. Почвенный покров нарушен. Почвы в разной степени смытые (реже намытые), с низким плодородием. Для этих земель целесообразно лесолуговое освоение. Участки с лучшим естественным травянистым покровом отводят под сенокосы и пастбища с проведением на них коренного или поверхностного улучшения; сильносмытые и размывные – под сплошное облесение. Для сплошного облесения применяют нетребовательные к почвенным условиям засухоустойчивые породы: сосну обыкновенную, лиственницу сибирскую, ель обыкновенную, березу повислую, рябину обыкновенную, тополь белый, осину.

Коренное улучшение проводят на низкопродуктивных лугах (присетевые земли и доступные для тракторной обработки берега гидрографической сети). Ранней весной удаляют камни, отдельно стоящие деревья и кустарники, засыпают промоины, выравнивают поверхность, после чего дернину вспахивают на глубину 18-20 см, боронуют в 2-3 следа и проводят посев злаково-бобовых травосмесей (например: костер безостый + тимофеевка луговая + клевер или люцерна; костер безостый + овсяница луговая + клевер или люцерна, т.е. 2 злака + 1 бобовые). В первые два года удобрения можно не вносить. С третьего года проводят подкормку азотными удобрениями 60-90 кг/га д.в., при низком содержании подвижного фосфора и обменного калия вносят и фосфорно-калийные удобрения. При высоком уровне агротехники и применении удобрений получают до 70-80 ц/га сена. Поверхностное улучшение проводят чаще, чем коренное. После снеготаяния и стока (конец апреля, начало мая) с участков удаляют отдельно-стоящие деревья, кустарники и прочий мусор и проводят подкормку минеральными (если обеспеченность фосфором и калием вполне удовлетворительная) азотными удобрениями из расчета 60 кг/га д.в. На сенокосах, где много кочек, боронуют. Пастбища не боронуют. Урожайи зелёной массы трав достигают 120-150, сена – 45-50 ц/га.

Наиболее рациональным является луго-лесное использование смытых земель

присетевых склонов и гидрографической сети при создании на них долголетних культурных пастбищ. На 1 усл гол. скота необходимо выделить 1 га улучшенных пастбищ, что обусловлено требованиями бесперебойного обеспечения скота кормом в течение пастбищного и зимнего сезонов. Пастбищный участок делят на загоны, что обеспечивает регулирование выпаса скота, упрощает пастьбу (особенно ночную), способствует лучшему санитарному состоянию кормовых угодий и соблюдению пастбищеоборота, увеличивает долговечность и продуктивность пастбищ.

Благодаря применению комплекса противоэрозионных мероприятий, в ОПХ Новосильской ЗАГЛОС сильно сократился сток талых вод и эрозия, повысилось плодородие почвы, ввели в интенсивный сельскохозяйственный оборот некогда «бросовые земли». Рост урожая связан с повышением культуры земледелия и лесомелиорацией. Урожайность зерновых культур под защитой лесных насаждений обычно увеличивается на 8-46%. Урожайи, полученные в ОПХ, значительно выше показателей по всему Новосильскому району. При этом сопоставлении не нужно забывать, что в состав территории ОПХ вошли эродированные земли и овраги, на которых прежде не получали никаких урожаяев.

Итак, имея худшие в районе земли, ОПХ получает урожаяи, превышающие среднерайонные. В благоприятные годы в ОПХ средняя урожайность зерновых культур составляла 34,8-40,3 ц/га, а на отдельных полях – свыше 50 ц с га. Несмотря на сложные экономические условия последних лет, опытному хозяйству удалось сохранить структуру основного производства в растениеводстве и добиться неплохих производственных и экономических показателей.

Выводы

1. Восстановление плодородия на эродированных почвах путём внесения органических и минеральных удобрений способствует накоплению органического вещества и улучшает водно-физические свойства.

2. Защитные лесные насаждения на склоновых смытых землях активизируют утраченное плодородие.

3. В хозяйствах с сильнорасчленённым рельефом для защиты почвы от эрозии

необходимо применять почвозащитную систему земледелия с контурно-мелиоративной организацией территории.

4. При применении противоэрозионных мероприятий в почвозащитных севооборотах 50% площади должно быть занято многолетними травами.

5. В комплексе мер по повышению продуктивности естественных кормовых угодий рекомендуется применять коренное, поверхностное улучшение суходольных лугов и пастбищ, рациональное их использование.

6. Длительные исследования по почвозащитному комплексу, проводимые на станции, помогут проектным организациям и производственным работникам на правильной научной основе планировать и проводить необходимые работы по защите почв от водной эрозии.

Библиографический список

1. Корнев Я.В. К вопросу об использовании бросовых земель в связи с некоторыми моментами смыва // В кн.: Эрозия почв. – М. – Л.: АН СССР, 1937.
2. Кононова М.М. Пути накопления органического вещества в бросовых землях эродированных районов // В кн.: Эрозия почв. – М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1937.
3. Глыбин Т.Г. Применение многолетних трав на эродированных склонах. // Сборник работ Новосильской зональной агролесомелиоративной опытной станции. – Орёл, 1972. – С. 64-72.
4. Глыбин Т.Г. Рекомендации по рациональному использованию смытых земель и естественных кормовых угодий Центральной лесостепи. – Орёл, 1971. – 49 с.
5. Петелько Н.Е. Изменение агрохимических показателей смытых лесных почв под травянистыми фитоценозами в системе стокорегулирующих лесных полос // Бюлл. ВНИАЛМИ. Противоэрозионный комплекс Нечерноземья. – 1987. – Вып. 3 (52). – С. 35-39.
6. Зыков И.Г., Зайченко К.И., Петелько Н.Е. Влияние противоэрозионных лесонасаждений на свойства серых лесных почв Центральной лесостепи. Лесомелиорация склонов. – Волгоград, 1985. – Вып. 3 (86). – С. 29-43.
7. Петелько Н.Е. Изменение свойств серой лесной почвы в системе лесных полос. Лесомелиорация Центрального Нечерноземья. – Волгоград, 1991. – Вып. 3 (104). – С. 98-111.
8. Зыков И.Г., Зайченко К.И. Почвенно-эрозионная карта землепользования Новосильской ЗАГЛОС им. А.С. Козменко // Фитомелиорации Нечерноземья. – Волгоград, 1996. – Вып. 1 (107). – С. 15-28.
9. Бялый А.М., Савельев В.Д. Влияние агролесомелиоративного противоэрозионного комплекса на повышение плодородия почв // Бюлл. ВНИАЛМИ. 1976. Вып. 3 (22). – С. 7-10.
10. Бялый А.М. Влияние агролесомелиоративного комплекса на восстановление плодородия смытых почв // Защита от эрозии и возврат размытых склонов в пашню. – Волгоград, 1981. Вып. 2 (73). – С. 111-134.
11. Зайченко К.И. Влияние противоэрозионных лесных насаждений на морфологию и состав смытых почв // Бюлл. ВНИАЛМИ. – 1984. – Вып. 1 (42). – С. 31-37.
12. Захаров В.В., Кретицин В.М. Повышение плодородия и урожая сельскохозяйственных культур на межполосных полях // Пути повышения эффективности полезащитного лесоразведения: Научные труды ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1979. – С. 78-90.
13. Адерихин П.Г. Изменение почв под влиянием лесовых полос в Каменной степи // Преобразование природы в Каменной степи. – М.: Россельхозиздат, 1970. – С. 78-88.
14. Соловьёв П.С. Влияние лесных насаждений на почвообразовательный процесс и плодородие степных почв. – М.: Изд-во МГУ, 1967. – 290 с.
15. Петров Н.Г. Система лесных полос. – М.: Россельхозиздат, 1975. – 117 с.
16. Гракова И.В. Влияние полезащитных лесных полос на некоторые элементы плодородия почв // Почвы и полезащитные полосы. – М. – Л., 1960.

Материал поступил в редакцию 11.06.2015 г.

Сведения об авторе

Петелько Анатолий Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, директор ФБГНУ НОВОСИЛЬСКАЯ ЗАГЛОС им. А.С. Козменко; 303035, Орловская обл., г. Мценск, ул. Семашко, д.2А; тел.: 8 (48646)28755; e-mail: zaglos@mail.ru

A.I. PETELJKO

Federal state budget research institution «Novosiljskaya zonal agroforestreclamaton experimental station named after A.S. Kozmenko of the All-Russian research agroforestreclamation Institute», Mtsensk, Russia

RESTORATION OF ERODED SOILS FERTILITY

The article considers different ways of fertility restoration of eroded soils. Perennial grasses, protective forest plantations, root and surface improvement of meadows and pastures, contour – reclamation organization of the territory on the landscape basis, soil protection technologies of cultivation of agricultural crops with anti-erosion methods of soil treatment and other measures promote soil protection from water erosion on sloping lands. Different means of fertility restoration of eroded soils are considered. Perennial grasses, protective forest plantations, root and surface improvement of meadows and pastures, contour – reclamation organization of the territory on the landscape basis, soil protection technologies of cultivation of agricultural crops with anti-erosion methods of soil treatment and other measures promote soil protection from water erosion on sloping lands. Depending on the steepness of slopes it is possible to single out three technological groups of soils: arable land on watersheds and natural plateau with a steepness of slopes up to 3°; arable land on slopes with a steepness from 3 to 5°; arable land on slopes with a steepness above 5°. In soil protective rotations 50% of the area is allocated to perennial grasses; 1, 2, 3 fields – perennial grasses; 4 – winter crops; 5 – oats +perennial grasses. Land lots with better soil conditions (washed soils) are allocated for fruit – berries plantations, grass seeds. Root improvement is carried out on low productive meadows (network lands and banks of hydro geographical network available for tractor treatment). Surface improvement is carried out more often than the root one. The most rational one is a meadow – forest use of washed lands of network slopes and hydro geographical network when creating cultural arable lands on them.

Soil, runoff, erosion, forest strips, perennial grasses, soil protective rotations.

References

1. Korneev Ya.V. K voprosu ob ispolzovanii brosovyh zemel v svyazi s nekotorymi momentami smyva // V kn.: Eroziya pochv. – M. – L.: AN SSSR, 1937.
2. Kononova M.M. Puti nakopleniya organicheskogo veshchestva v brosovyh zemlyah erodirivannyh rajonof // V kn.: Eroziya pochv. – M. – L.: Izd-vo AN SSSR, 1937.
3. Glybin T.G. Primenenie mnogoletnih trav na erodirovannyh skolonah. // Sbornik rabot Novosiljskoy zonalnoj agrolesomeliativnoj opytnoj stantsii. – Orel, 1972. – S. 64-72.
4. Glybin T.G. Rekomendatsii po ratsionalnomu ispolzovaniyu smytyh zemel i estestvennyh kormovyh ugodij Tsentralnoj lesostepi. – Orel, 1971. – 49 s.
5. Peteljko N.E. Izmenenie agrohimicheskikh pokazatelej smytyh lesnyh pochv pod travyanistymi fitotsenozami v sisteme stokoreguliruyushchih klesnyh polos // Byull. VNIALMI. Protivoerozionny complex Nechernozemjya. – 1987. – Vyp. 3 (52). – S. 35-39.
6. Zykov I.G., Zaichenko K.I., Peteljko N.E. Vliyanie protivooerozionnyh lesonasazhdenij na svoistva seryh lesnyh pochv Tsentralnoj lesostepi. Lesomeliatorsiya sklonov. – Volgograd, 1985. – Vyp. 3 (86). – S. 29-43.
7. Peteljko N.E. Izmenenie svoistv seroj lesnoj pochvy v sisteme lesnyh polos. Lesomeliatorsiya Tsentraljnogo Nechernozemya. – Volgograd, 1991. – Vyp. 3 (104). – S. 98-111.
8. Zykov I.G., Zaichenko K.I. Pochvenno-erozionnaya karta zemlepolzovaniya Novosiljskoy ZAGLOS im. A.S. Kozmenko // Fitomeliatorsii Nechernozemja. – Volgograd, 1996. – Vyp. 1 (107). – S. 15-28.
9. Byaly A.M., Saveljev V.D. Vliyanie protivooerozionnogo kompleksa na povyshenie plodorodiya pochv // Byull. VNIALMI. 1976. Vyp. 3 (22). – S. 7-10.
10. Byaly A.M. Vliyanie agrolesomeliativnogo kompleksa na vosstanovlenie plodorodiya smytyh pochv // Zashchita ot erozii I vozvrat razmytyh sklonov v pashnyu. – Volgograd, 1981. Vyp. 2 (73). – S. 111-134.
11. Zaichenko K.I. Vliyanie protivooerozionnyh lesnyh nasazhdenij na morfologiyu I sostav smytyh pochv // Byull. VNIALMI. – 1984. – Vyp. 1 (42). – S. 31-37.
12. Zaharov V.V., Kretinin V.M. Povyshenie plodorodiya I urozhaya seljskohozyajstvennyh cul'tur na mezhplosnyh polyah // Puti povysheniya effektivnosti polezashchitnogo

lesorazvedeniya: nauchnye trudy VASHNIL – M.: Kolos, 1979. – S. 78-90.

13. Aderihin P.G. Izmenenie pochv pod vliyaniem lesovyh polos v Kamennoj stepi // Preobrazovanie prirody v Kamennoj stepi. – M.: Rossel'khozizdat, 1970. – S. 78-88.

14. Solovjev P.S. Vliyanie lesnyh nasazhdenij na pochvoobrazovatelnyj protsess i plodorodie stepnyh pochv. – M.: Izd-vo MGU, 1967. – 290 s.

17. Petrov N.G. Sistema lesnyh polos. – M.: Rossel'khozizdat, 1975. – 117 s.

18. Grakova I.V. Vliyanie polezashchitnyh lesnyh polos na nekotorye element plodorodi-

ya pochv // Pochvy i polezashchitnye polosy. – M. – L., 1960.

The material was received at the editorial office
11.06.2016

Information about the author

Peteljko Anatolij Ivanovich, doctor of agricultural sciences, director FBSNI NOVO-SILSKAYA ZAGLOS named after A.S. Kozmenko; 303035, Orlovskaya OBL., Mtsensk, ul. Semashko, d. 2A; tel.: 8 (48646)28755; e-mail: zaglos@mail.ru

УДК 502/504:631.436:633.2

В.В. ПЧЁЛКИН, А.М. СЕРГЕЕВА

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва

ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ВОДОРАЗДЕЛОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ КЛЕВЕРА КРАСНОГО

В 1986-1988 и 2015 гг. на опытно-мелиоративном пункте (ОМП) «Дубна», расположенном в Московской области, Сергиево-Посадском районе, были проведены исследования различных режимов орошения клевера красного. Исследования 1986-1988 гг. проводились на Дубнинском ландшафте, а исследования 2015 г. – на Селковском ландшафте, которые граничат между собой. Опыты выполнялись на делянках размером по 80 м² каждая, а также в лизиметрах с монолитами грунта ненарушенной структуры площадью 2 м². В течение всего периода вегетации (10 мая – 1 сентября 1986-1988 гг., 22 мая – 3 сентября 2015 г.) измерялась влажность с помощью электрических влагомеров. Было проведено два укоса и определена урожайность клевера красного на делянках с различными режимами орошения. В статье приведены результаты экспериментальных исследований. Используя данные относительной урожайности и влажности почвы за 2015 г. (А.М. Сергеевой) и данные, полученные ранее В.В. Пчелкиным на орошаемых пойменных землях, построен график связи. Коэффициент детерминации этой связи составил 0,891, что подтверждает достоверность полученных результатов исследований. Влажность почвы в 1986-1988 гг., при которой урожайность клевера красного максимальна, соответствует 0,71 ПВ, что близко по величине с полученным результатом в 2015 г. – 0,73 ПВ. Получен оптимальный диапазон регулирования влажности почвы для условий Московской области при выращивании клевера красного 0,64-0,79 ПВ. Для восполнения дефицита влаги в корнеобитаемом слое почвы была определена поливная норма 10-40 мм в зависимости от глубины распространения корневой системы.

Влажность почвы, многолетние травы, урожайность, орошение

Введение. Важнейшим фактором стабилизации и интенсификации сельскохозяйственного производства в Нечерноземной зоне России является регулирование водного режима почв. Климатические условия этой зоны позволяют выращивать кормовые культуры. Однако в Центральной части Нечерноземной зоны России в период вегетации бывают засушливые периоды в течение 10-30 сут., когда влаги в почве не хватает для нормального роста и развития сельскохозяйственных культур [1, 2].

Одним из вопросов, возникающих при оценке эффективности увлажнения способом дождевания, является организация такого водного режима дерново-подзолистых почв водоразделов Московской области, который в состоянии обеспечить наиболее экономное расходование поливной воды и максимальный урожай. Данные, приведенные В.В. Пчелкиным [2], показывают, что у различных авторов единого мнения по оптимальному диапазону влажности почв нет. Поэтому возникает потребность

провести экспериментальные исследования на опытных делянках и уточнить оптимальный диапазон влажности дерново-подзолистой почвы при выращивании клевера красного.

Материал и методы исследований.

Изучение оптимальных режимов орошения и определение оптимального диапазона влажности дерново-подзолистой почвы для красного клевера проводились на опытно-мелиоративном пункте «Дубна», расположенном в Московской области, Сергиево-Посадском районе, в 1986-1988 и 2015 гг.

Исследования 1986-1988 гг. проводились на Дубнинском ландшафте, а исследования 2015 г. на Селковском ландшафте, которые граничат между собой. Эти ландшафты представляют собой волнистые, моренно-водно-ледниковые, влажные и сырые равнины. При этом Дубнинский ландшафт расположен в пониженном элементе рельефа местности – пойме реки Дубны. Селковский ландшафт занимает относительно повышенное расположение на склоне и водоразделе. Абсолютные отметки этих ландшафтов составляют 120...160 м. Они сложены водноледниковыми песками и супесями, иногда с прослоями суглинков, подстилаемых моренной. Дренажность почв слабая, поэтому на повышениях сформировались дерново-подзолистые почвы, в понижениях – дерново-глеевые. Эти урочища или распахины, или заняты елово-сосновыми зеленомошниками, а также травяными березняками.

В опытах изучалось влияние влажности корнеобитаемого слоя дерново-глеевых и дерново-подзолистых почв на урожайность клевера красного. Опыты проводились на делянках размером по 80 м² каждая. Для оценки влияния влажности почвы на урожай клевера красного она поддерживалась в корнеобитаемом слое (0-50 см) с помощью орошения в следующих интервалах: 1 – (0,60-0,70) ПВ; 2 – (0,70-0,80) ПВ; 3-0,80-0,90) ПВ; 4 – контроль (без орошения). ПВ – полная влагоемкость, см³/см³.

Орошение делянок проводилось с помощью распылителей с выдвижной частью Rain Bird (модель 1812), установленных в центре каждой делянки. Для подачи воды в насадки использовалась оросительная сеть, состоящая из трубопроводов, проложенных под землей, и на поверхности земли. Забор воды на полив осуществлялся из поселкового водопровода. Перед поливом бак наполнялся водой, из которого вода по-

давалась по соединительному трубопроводу к насосу и в оросительную сеть.

Влажность почвы измерялась послойно через 0,1 м до глубины 0,5 м с помощью термостатно-весового метода, а также электронным влагомером TRIME-FM, с использованием трубчатого датчика TRIME-ТЗ. Для измерения влажности почвы использовался и влагомер HH2-SM200 (DELTA-T DEVICES LTD). При работе с влагомером HH2-SM200 на глубинах 0-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-50 см были пробурены скважины и установлены пластмассовые трубки диаметром 40 мм для измерения влажности на определенной глубине. Измерения влажности почвы выполнялись 1 раз в 5 дней, а также перед поливом и после каждого дождя и полива.

Посев красного клевера был произведен 22 мая 2015 г. Высевали семена клевера красного рядами через 10 см, на глубину 1 см. Зеленую массу клевера красного используют на корм скоту.

Весной 2015 г. перед посевом была произведена вспашка земли. После вспашки почву бороновали боронами «Зигзаг» и выравнивали граблями. Значительно повышают урожай клевера красного минеральные удобрения. Минеральные удобрения вносились весной перед посадкой семян, а также в период роста растений нормой N₁₂₀ P₈₀ K₁₂₀.

Составляющие водного баланса измерялись на каждой делянке. Водобалансовое уравнение (1) опытных делянок, на которых исследовался режим влажности почвы, имеет вид (мм):

$$\delta\bar{W} = Oc + m - E - q, \tag{1}$$

где $\delta\bar{W}$ – изменение влагозапасов в корнеобитаемой зоне почвы (22 мая – 03 сентября); Oc – осадки; m – поливы; E – суммарное водопотребление; q – инфильтрация влаги из зоны аэрации почвы в грунтовые воды.

Измерение осадков осуществлялось наземными осадкомерами ГГИ-3000.

Инфильтрация влаги (q) из зоны аэрации почвы в грунтовые воды определялась с помощью трубы инфильтрации лизиметров. При этом ежедневно с помощью «хлопушки» измерялся уровень воды в трубе инфильтрации и с учетом площади поперечного сечения данной трубы определялся объем слившейся из зоны аэрации воды. Далее проводилось деление этого объема на площадь поперечного сечения лизиметра, и таким образом рассчитывался слой инфильтрации в мм.

Суммарное водопотребление получали из уравнения водного баланса лизиметров и делянок как неизвестное.

Параллельно с опытами на делянках проводились опыты в металлическом лизиметре (рис. 1) диаметром 1,6 м и площадью поперечного сечения 2,0 м². Лизиметр заполнен монолитом дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы с ненарушенной структурой высотой 1,7 м.

Поливные нормы приняты от 10 до 40 мм, а оросительная норма в 2015 г. составила 110 мм.

Результаты и обсуждение. За период вегетации в 2015 г. было проведено два укоса клевера красного: первый – 2 августа, второй – 3 сентября. Результаты сведены в таблицу 1.

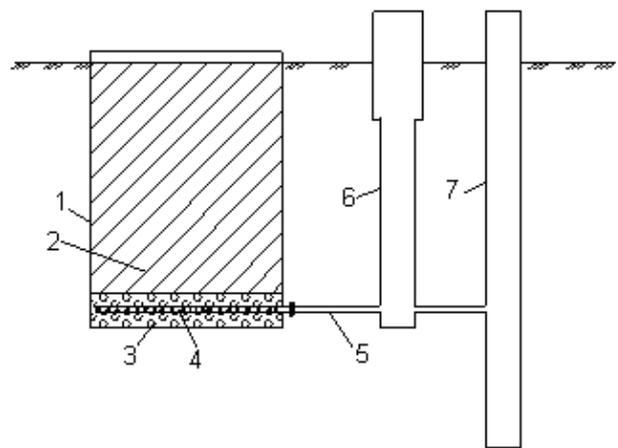


Рис. 1. Схема устройства лизиметра: 1 – корпус лизиметра; 2 – монолит почвы; 3 – поддон; 4 – дренажная труба; 5 – соединительная труба; 6 – труба компенсации; 7 – труба инфильтрации

Таблица 1

Связь влажности дерново-подзолистой почвы в корнеобитаемом слое с урожайностью клевера красного в 2015 г.

Варианты	Укос № 1		Укос № 2		Суммарная урожайность и средняя влажность за весь период вегетации клевера красного		
	W ₁ /ПВ	Y ₁ , т/га	W ₂ /ПВ	Y ₂ , т/га	W _{ср} /ПВ	Y _{ср} , т/га	Y _{ср} /Y _{max}
I (0,6-0,7) ПВ	0,68	6,3	0,69	4,0	0,68	10,3	0,89
II (0,7-0,8) ПВ	0,71	7,2	0,77	4,4	0,73	11,6	1
III (0,8-0,9) ПВ	0,78	7,6	0,82	3,5	0,80	11,1	0,96
Контроль	0,53	3,6	0,63	3,0	0,58	6,6	0,57

Примечание. W₁, W₂ – средняя влажность почвы за период вегетации клевера красного первого и второго укосов (см³/см³); W_{ср} – средняя влажность почвы за весь период вегетации клевера красного (см³/см³).

Основным показателем эффективности мелиорации земель является урожайность сельскохозяйственных культур. Зависимость урожайности клевера красного от средней за вегетацию влажности почвы в слое 0-50 см показана на рисунке 2. По оси ординат отложены значения относительной урожайности культуры: $Y = Y_i/Y_{max}$; по оси абсцисс – средняя за вегетацию влажность почвы в слое 0-50 см, делённая на полную влагоёмкость (W_{ср}/ПВ), где Y_i – значения урожайности в конкретном году на опытных делянках, т/га; Y_{max} – максимальная урожайность в том же году, т/га.

Методика построения кривых изложена в работах Ю.Н. Никольского [3], В.В. Пчёлкина [2], В.В. Шабанова [4].

Влажность почвы, при которой урожайность клевера красного максимальна, соответствует величине, равной 0,29 см³/см³ или 0,73 ПВ (по результатам исследований А.М. Сергеевой) в 2015 г. на водоразделе. На графиче

ке также показаны данные исследований В.В. Пчёлкина с клевером красным на осушаемых пойменных дерново-глеевых почвах с ПВ 0,50 см³/см³ за период с 1986 по 1988 гг. [5]. Связь влажности с урожайностью за данный период представлена в таблице 2.

Условия выращивания и водный режим в этих условиях складывались иначе по причине близкого залегания грунтовых вод (0,5-1,5 м), но и на пойменных землях бывают засушливые периоды, когда растения испытывают дефицит влаги в почве и требуют дополнительного увлажнения. Дефицит водопотребления (E₀ – Ос) за период вегетации клевера красного составил в 1986-1988 гг. соответственно 38-1879 мм, или 40, 94, 46% обеспеченности. В 2015 г. эта величина составила 37 мм, или 41%. Анализ этих данных показывает, что влажность почвы, при которой урожайность клевера красного максимальна, соответствует 0,71 ПВ, что близко по величине с полученным результатом в 2015 г. (0,73 ПВ).

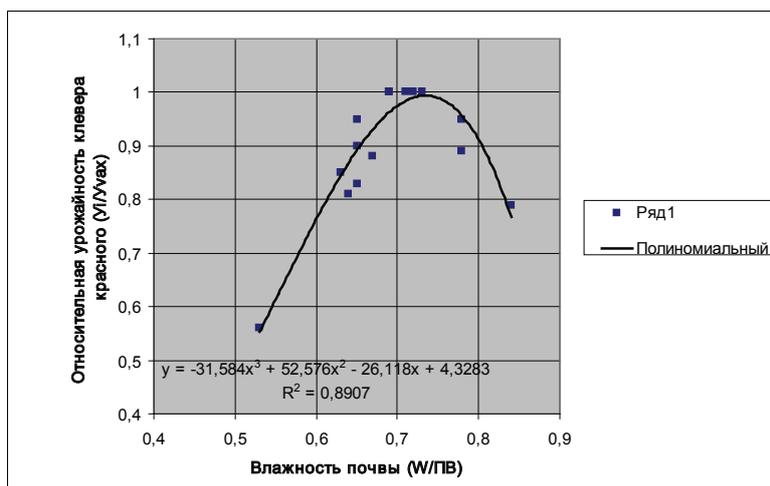


Рис. 2. Связь относительной урожайности клевера красного с влажностью дерново-подзолистой почвы при ПВ-0,40 см³/см³ и дерново-глеевой почвы при ПВ-0,50 см³/см³. Y_{\max} – максимальная урожайность клевера красного: 1986 г. – 6,65 т/га; 1987 г. – 8,2 т/га; 1988 г. – 9,29 т/га; 2015 г. – 11 т/га

Таблица 2
Связь влажности дерново-глеевой почвы с урожайностью красного клевера за период с 1986 по 1988 гг.

Годы	W _{ср} /ПВ	$Y_{\text{ср}}/Y_{\text{max}}$
1986	0,67	0,88
	0,65	0,83
	0,72	1
	0,78	0,89
1987	0,63	0,95
	0,71	1
1988	0,69	1
	0,64	0,81
	0,65	0,9
	0,67	0,88

Выдержать данную величину в производственных условиях сложно и экономически невыгодно, поэтому рекомендуется для практических целей использовать диапазон влажности почвы. По рекомендации А.Р. Константинова [6], допускается снижение относительной урожайности от максимальной величины не более 10-15%. В рассматриваемых условиях максимальная урожайность была снижена на 10%, при этом диапазон влажности почвы оказался равным для клевера красного (0,64...0,79) ПВ.

Выводы

Влажность почвы в 1986-1988 гг., при которой урожайность клевера красного максимальна, соответствует 0,71 ПВ, что

близко по величине с полученным результатом в 2015 г. (0,73 ПВ).

Оптимальный диапазон влажности на дерново-подзолистых и дерново-глеевых почвах для клевера красного составляет 0,64-0,79ПВ.

Чтобы восполнить дефицит влаги в корнеобитаемом слое почвы, рекомендуется полив поливной нормой 10-40 мм в зависимости от глубины распространения корневой системы.

Библиографический список

1. Мелиорация земель: Учебник / Под ред. А.И. Голованова, И.П. Айдарова, В.В. Пчелкина и др. – СПб.: Лань, 2015. – С. 495-502.
2. Пчелкин В.В. Обоснование мелиоративного режима осушаемых пойменных земель – М.: КолосС, 2003. – 253 с.
3. Никольский Ю.Н. Взаимосвязь между водным, газовым, тепловым и пищевым режимами осушаемых земель с грунтовым типом питания // В кн. «Комплексные мелиорации»: Научн. тр. ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1980. – С. 90-96.
4. Шабанов В.В. Биоклиматическое обоснование мелиораций. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 165 с.
5. Пчелкин В.В., Зорин Ф.В. Водный режим клевера лугового на осушаемых пойменных землях // Роль природообустройства сельских территорий в обеспечении устойчивого развития АПК: Материалы Международной научно-практической конференции. Ч. 1. – М.: МГУП, 2007. – С. 69-71.
6. Константинов А.Р. Определение оптимальных влагозапасов почвы по пери-

одам развития озимой пшеницы // Гидротехника и мелиорация. – 1975. – № 2. – С. 38-43.

Материал поступил в редакцию 16.09.2016 г.

Сведения об авторах

Пчёлкин Виктор Владимирович, доктор технических наук профессор кафе-

V.V. PCHELKIN, A.M. SERGEEVA

Federal state budget educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow

дры мелиорации и рекультивации земель РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, Б. Академическая ул., д. 44; тел.: 8(499)976-47-73; e-mail: 9766793@mail.ru

Сергеева Алена Михайловна, аспирант кафедры мелиорации и рекультивации земель РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, Б. Академическая ул., д. 44; тел.: 8-916-053-9157.

THE INFLUENCE OF WATER REGIME OF SOD-PODZOL SOILS OF WATERSHEDS ON THE YIELD OF RED CLOVER

In 1986-1988 u 2015 years at the experimental – reclamation station (OMP) «Dubna» located in the Moscow area, Sergievo-Piosadsky region there were fulfilled investigations of various regimes of red clover irrigation. Investigations of the 1986-1988 years were carried out on the Dubninsky landscape, and investigations of the 2015 year – on the Selkovsky landscape which are contiguous with each other. The experiments were fulfilled on plots of size 80 m² each, as well as in lysimeters with soil monoliths of a non-destroyed structure of a 2 m² square. During the whole period of vegetation (May, 10 – September, 1 1986-1988, May, 22 – September, 3 2015) moisture was measured by means of electric meters. There were made two hay harvests and determined red clover productivity on land plots under different regimes of irrigation. In the article there are given results of experimental investigations. Using the data of relative productivity and soil moisture for the 2015 year (by A.M. Sergeeva) and the data obtained by V.V. Pchelkin earlier on the irrigated meadows, a diagram of relationship was built. The coefficient of determination of this relationship was 0.891 which confirms the reliability of the received results of investigations. The soil moisture in 1986-1988 under which red clover production is maximal corresponds to 0.71 PV which is close to the value of the received result in 2015-0.73 SM. There is obtained the optimal range of regulation of soil moisture for the conditions of the Moscow region when growing red clover of 0.64-0.79 SM. For making up the soil deficit in the root-inhabited soil layer there was determined an irrigation norm 10-40 mm depending on the depth of the root system spreading.

Soil moisture, perennial grasses, productivity, irrigation.

Reference

1. Melioratsiya zemel: Uchebnyk / Pod red. A.I. Golovanova, I.P. Aidarova, V.V. Pchelkina i drp. – SPb.: Lanj, 2015. – S. 495-502.

2. Pchelkin V.V. Obosnovanie meliorativnogo rezhima osushaemyh poimennyh zemel. – M.: KolosS, 2003. – 253 s.

3. Nikoljsky Yu.N. Vzaimosvyazj mezhdu vodnym, gazovym, teplovym I pishchevym rezhimam osushaemyh zemelj s gruntovym tipom pitaniya // V kn. «Complexnye melioratsii»: Nauchn. Tr. VASHNIL – M.: Kolos, 1980. – S. 90-96.

4. Shabanov V.V. Bioclimaticheskoe obosnovanie melioratsij. – L.: Gidrometeoizdat, 1973. – 165 s.

5. Pchelkin V.V., Zorin F.V. Vodny rezhim klevera lugovogo na osushaemyh poimennyh zemlyah // Rolj prirodoobustroistva seljskih territorij v obespechenii ustoichivogo razvitiya APK: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-practicheskoy konferentsii. Ch. 1. – M.: MGUP, 2007. – S.69-71.

6. Konstantinov A.R. Opreделение optimalnyh vlagozapasov pochvy po periodam razvitiya ozimoy pshenitsy // Gidrotehnika i melioratsiya. – 1975. – № 2. – S. 38-43.

The material was received at the editorial office
16.09.2016

Information about the authors

Pchelkin Victor Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of lands reclamation and recultivation RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, B. Academicheskaya ul., d. 44; tel. : 8(499)976-47-73; e-mail: 9766793@mail.ru.

Sergeeva Alena Mikhailovna, post graduate student of the chair of lands reclamation and recultivation RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, B. Academicheskaya ul., d. 44; tel. : 8-916-053-9157.

УДК 502/504:634.8:631.535

Д.Е. ХЛЕВНЫЙ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Краснодарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени П.П. Лукьяненко»; г. Краснодар, Краснодарский край, Россия

ВЛИЯНИЕ ДИАМЕТРА ЧЕРЕНКОВ ЛИАНЫ РОДА AMPELOPSIS НА ИХ РЕГЕНЕРАЦИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ

*По мнению ряда учёных, при заготовке и дальнейшем укоренении побегов диаметр черенка является одним из важных визуальных показателей. Цель исследования – установить влияние диаметра черенков лиан рода *A. acontifolia* на их регенерационную способность при укоренении в водной среде, корреляционные связи между диаметром черенка и процессами побего- и корнеобразования. В результате проведённого опыта определено, что при сравнении процессов побего- и корнеобразования между группами черенков различной толщины, при увеличении их диаметра увеличивается степень распускания глазков и количество корней на 1 черенок; во всех группах наибольшее влияние диаметра черенка установлено в тот момент, когда было отмечено наименьшее количество побегов на 1 черенок; длина первого побега во всех группах, кроме второй, больше длины второго побега, что свидетельствует о проявлении полярности у лиан. Между длиной первого побега во всех изучаемых группах существенной разницы не выявлено, кроме группы черенков диаметром 6-7 мм, где показатель ниже, чем в остальных группах. По суммарной длине побегов на 1 черенок между их группами к концу опыта разницы не установлено. Укореняемость черенков *A. acontifolia* в водной среде колебалась от 100% до 60,9%. Разница между всеми группами черенков является существенной. Самая высокая укореняемость установлена в группе черенков диаметром 5-6 мм. Количество черенков с тремя корнями и более при проращивании в водной среде является достаточно высоким (от 50% до 64%), поэтому можно сделать предварительный вывод о том, что для укоренения лиан *A. acontifolia* возможно использование черенков диаметром от 5 мм до 9 мм.*

*Лиана, диаметр, черенок, род *Ampelopsis*, укоренение, водная среда.*

Введение. Одним из наиболее простых и эффективных способов вегетативного размножения лиан является размножение черенками. При этом успех размножения во многом зависит от их способности укореняться или, иными словами, от ризогенной активности черенков. Корнеобразовательная способность виноградных черенков изучалась рядом исследователей с различных точек зрения. Этот интерес не является случайным, так как ризогенная активность в конечном счете оказывает существенное влияние на выход саженцев. По мнению ряда учёных (Л.М. Малтабара, П.П. Радчевского, М.М. Саркисовой и др.) [1-4], которые занимались изучением различных факторов, влияющих на укоренение черенков, его диаметр при заготовке и дальнейшем укоренении побегов является одним из важных визуальных показателей.

Ризогенная активность лиан рода *Ampelopsis* вида *acontifolia* впервые описана А. Мишо в 1803 г., однако при укоренении в водной среде она изучается впервые, поэтому тему можно считать актуальной.

Целью исследования явилось установление влияния диаметра черенков лиан рода *A. acontifolia* на их регенерационную способность при укоренении в водной среде.

Задачи исследования состоят в том, чтобы изучить влияние диаметра черенков лиан *A. acontifolia* в динамике на процент черенков с распустившимися глазками; процент распустившихся глазков (степень распускания глазков); среднее число побегов на один черенок; суммарную длину побегов на один черенок; среднюю длину одного побега; укореняемость (процент черенков с корнями); среднее число корней на одном укоренившемся черенке; процент черенков, имеющих три корня и более.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2015-2016 гг. В качестве объекта исследования использовались черенки лиан *A. acontifolia*.

Черенки лиан были заготовлены на ампелографической коллекции Крымской ОСС и Анапской ампелографической коллекции. Их нарезали на 3-глазковые и поставили в стеклянные прозрачные сосу-

ды для укоренения по 10 черенков в каждый. Вода в сосуде поддерживалась на уровне 2-3 см. Диаметр каждого черенка был измерен и занесён в журнал.

Для более точного определения влияния диаметра черенков на процессы их побего- и корнеобразования исследуемый материал был разделён на 4 группы, каждая с разницей в диаметре 1 мм:

1. Черенки диаметром от 5,0 до 6,0 мм – группа 1
2. Черенки диаметром от 6,1 до 7,0 мм – группа 2
3. Черенки диаметром от 7,1 до 8,0 мм – группа 3
4. Черенки диаметром от 8,1 до 9,0 мм – группа 4

Наблюдения за процессами ризогенеза проводились по методике, описанной в 1996 г. Л.М. Малтабаром, П.П. Радчевским, Н.Д. Магомедовым [5] и усовершенствованной затем П.П. Радчевским [6, 7]. Полученные данные обработаны методом дисперсионного анализа [8].

Результаты и обсуждение. Начало распускания глазков было отмечено во всех группах на 9-й день. В 1-й группе черенков распускание глазков активно протекало с 9-го по 13-й дни и составило 25,0% и 41,6% соответственно (табл. 1). После этого оно приостановилось и к концу опыта составило 50%, что существенно ниже распускания глазков на черенках в 3 и 4 группах. В период с 9-го по 13-й дни степень распускания глазков в 1-й группе существенно превысила этот показатель в остальных группах черенков. Поскольку данные исследований ряда ученых-физиологов свидетельствуют о том, что интенсивность распускания почек у растений зависит от их гормональной активности [3, 4, 7, 9], можно предположить, что черенки толщиной 5-6 мм при проращивании в оптимальных условиях с 9-го по 13-й дни проявляют более высокую гормональную активность по сравнению с другими группами. Во 2-й группе черенков на 9-й день распускание глазков было существенно ниже, чем в остальных группах, и составило 14,3%. К концу опыта этот показатель составил 51,6%, что не имеет существенной разницы со степенью распускания глазков в 1-й группе черенков и достоверно меньше изучаемого показателя в 3-й и 4-й группах черенков. В 3-й группе распускание глазков на 9-й день составило 22,7%, что суще-

ственно выше этого показателя во 2-й и 4-й группах – 14,3% и 16,7% соответственно, и существенно ниже этого показателя в 1-й группе – 25,0% соответственно.

До 13-го дня в 3-й группе изменение этого показателя было незначительным – 25,3%, на 19-й день увеличились более чем в 2 раза – 58%, а к концу опыта составило 71,0%. Это не имело существенной разницы с данным показателем в 4-й группе и оказалось существенно выше, чем в 1-й и 2-й группах: 50,0% и 51,6% соответственно. В 4-й группе с 9-го по 13-й дни значительных изменений не отмечено. Степень распускания глазков составила 16,7% и 20,0% соответственно. На 19-й день этот показатель увеличился более чем в 2 раза и составил 48,3%. С 22-го дня и до конца опыта самый высокий показатель распускания глазков был отмечен в 4-й группе – 73,3%, что существенно выше этого показателя в 1-й и 2-й группах – 50,0 и 51,6% соответственно – и не имеет достоверной разницы с 3-й группой (71,0%).

Меньше всего побегов на 1 черенок на 13-й день было отмечено в 1-й группе – 1,0 шт., что существенно ниже этого показателя во 2-й, 3-й и 4-й группах: 1,2 шт., 1,2 шт. и 1,3 шт. соответственно. Начиная с 19-го дня и до окончания опыта количество побегов на 1 черенок составило 1,25 шт., что было существенно ниже, чем в других группах в этот период. Раньше всех побеги начали развиваться во 2-й группе уже на 9-й день, в то время как в остальных группах этот процесс начался с 13-го дня. Количество побегов на 1 черенок составило 2,0 шт.

В дальнейшем вследствие увеличения количества черенков с развившимися побегами изучаемый показатель на 13-й день уменьшился до 1,2 шт., на 19-й день составил 1,4 шт. и не изменялся до конца опыта, так же, как и в 1-й группе. В 3-й группе, так же, как в 1-й и 2-й группах, отмечена остановка увеличения изучаемого показателя с 19-го дня и до конца опыта. Но следует отметить, что количество побегов на 1 черенок было максимальным, составив 1,5 шт. В 4-й группе количество побегов на 1 черенок в течение опыта колебалось от 1,25 шт. до 1,4 шт. При увеличении количества черенков с побегами изменялось и среднее количество побегов на 1 черенок. Так, максимальное количество побегов на 1 черенок в этой группе было отмечено на 13-й

день – 1,3 шт., на 19-й день оно снизилось до 1,25 шт., что существенно ниже этого показателя во 2-й и 3-й группах черенков, и на 22-й день составило 1,4 шт.

На 13-й день самый короткий первый побег был отмечен в 1-й группе черенков – 1,3 см. Разница по этому показателю с 3-й группой оказалась несущественной, а со 2-й и 4-й группами – достоверно ниже. Во 2-й группе длина 1-го побега на 13-й день составила 2,1 см, что существенно выше, чем в 1-й и 3-й группах, но не име-

ет достоверной разницы с 4-й группой. Самый длинный первый побег на 13-й день развился во 2-й группе, предположительно по той причине, что черенки диаметром 6,1-7,0 мм тронулись в рост на 9-й день, в то время как во всех других группах начало этого процесса отмечено с 13-го дня. К концу опыта длина 1-го побега в этой группе оказалась существенно ниже других изучаемых групп. Длина 1-го побега между 1-й, 3-й и 4-й группами достоверно не различалась.

Таблица 1

Процессы побегообразования в зависимости от диаметра черенков в динамике, среднее за 2015-2016 гг.

Показатели	Черенки	Дней от начала опыта				
		9-й	13-й	19-й	22-й	26-й
степень распускания глазков, %	группа 1 (5,0-6,0 мм)	25,0	41,6	41,6	50,0	50,0
	группа 2 (6,1-7,0 мм)	14,3	19,8	40,5	51,6	51,6
	группа 3(7,1-8,0 мм)	22,7	25,3	58,0	71,0	71,0
	группа 4 (8,1-9,0 мм)	16,7	20,0	48,3	73,3	73,3
	НСР _{0,01}	1,32	0,91	1,39	3,14	3,14
количество побегов на 1 черенок, шт.	группа 1 (5,0-6,0 мм)	0	1	1,25	1,25	1,25
	группа 2 (6,1-7,0 мм)	2	1,2	1,4	1,4	1,4
	группа 3(7,1-8,0 мм)	0	1,2	1,5	1,5	1,5
	группа 4 (8,1-9,0 мм)	0	1,3	1,25	1,4	1,4
	НСР _{0,01}	-	0,13	0,13	0,10	0,10
длина первого побега, см	группа 1 (5,0-6,0 мм)	0	1,3	3,9	5,0	5,0
	группа 2 (6,1-7,0 мм)	1,5	2,1	3,1	4,0	4,0
	группа 3(7,1-8,0 мм)	0	1,6	4,0	4,9	4,9
	группа 4(8,1-9,0 мм)	0	1,9	5,1	4,9	4,9
	НСР _{0,01}	-	0,32	0,69	0,41	0,41
длина второго побега, см	группа 1 (5,0-6,0 мм)	0	0	2,4	4,2	4,2
	группа 2 (6,1-7,0 мм)	1,2	1,5	3,4	4,3	4,3
	группа 3 (7,1-8,0 мм)	0	1,5	2,7	2,9	2,9
	группа 4 (8,1-9,0 мм)	0	0,5	2,1	2,7	2,7
	НСР _{0,01}	-	0,6	0,45	0,68	0,68
суммарная длинна побегов, см	группа 1 (5,0-6,0 мм)	0	1,3	4,5	6,0	6,0
	группа 2 (6,1-7,0 мм)	2,7	2,2	4,5	5,9	5,9
	группа 3 (7,1-8,0 мм)	0	1,9	4,9	6,2	6,2
	группа 4 (8,1-9,0 мм)	0	2,4	4,8	5,9	5,9
	НСР _{0,01}	-	0,44	0,26	0,47	0,47

*Достоверные значения коэффициента корреляции.

Второй побег в 1-й группе начал развиваться с 19-го дня, что оказалось позже, чем в остальных группах, на 6 дней. Раньше всего развитие 2-го побега, как и 1-го,

отмечено во 2-й группе на 9-й день. В 3-й и 4-й группах развитие 2-го побега отмечено одновременно на 13-й день. Во 2-й группе на протяжении всего опыта была

отмечена самая большая длина 2-го побега – от 1,2-4,3 см. С 19-го дня до окончания опыта это превышение оказалось достоверным. Самая короткая длина второго побега на протяжении всего опыта была отмечена в 4-й группе. Она колебалась от 0,5-2,7 см и была существенно меньше самой высокой длины 2-го побега на протяжении всего опыта. На 9-й день суммарная длина побегов отмечена только во 2-й группе. На 13-й день в 1-й группе черенков отмечено развитие только первых побегов, поэтому суммарная длина побегов равна длине 1-го побега и соответственно существенно ниже этого показателя в других группах. Достоверное превышение этого показателя среди изучаемых групп черенков выявлено в 4-й группе – 2,4 см. На 19-й день сум-

марная длина побегов на 1 черенок в 1-й и 2-й группах была одинаковой и составила 4,5 см, что существенно ниже этого показателя в 3-й и 4-й группах. Достоверное превышение среди изучаемых групп по этому показателю на 19-й день было отмечено в 3-й группе черенков – 4,9 см, однако уже на 22-й день суммарная длина побегов на 1 черенок в этой группе была существенно ниже, чем в других группах, и составила 5,9 см. Такое же значение изучаемого показателя было отмечено в 4-й группе черенков. К концу опыта достоверное превышение этого показателя было отмечено в 3-й группе, составив 6,2 см.

На 19-й день в 1-й группе не было отмечено ни одного укоренившегося черенка (табл. 2).

Таблица 2

Процессы корнеобразования в зависимости от диаметра черенков в динамике, среднее за 2015-2016 гг.

Показатели	Черенки	Дни от начала опыта		
		19-й	22-й	26-й
укореняемость черенков, %	группа 1 (5,0-6,0 мм)	0	100	100
	группа 2 (6,1-7,0 мм)	4,8	28,6	66,7
	группа 3 (7,1-8,0 мм)	4,4	39,1	60,9
	группа 4 (8,1-9,0 мм)	10	40	80
	НСР _{0,01}	1,15	2,32	2,64
количество корней на 1 черенок, шт.	группа 1 (5,0-6,0 мм)	0	1,3	3,3
	группа 2 (6,1-7,0 мм)	5,0	3,1	3,5
	группа 3 (7,1-8,0 мм)	1,0	1,9	3,4
	группа 4 (8,1-9,0 мм)	2,0	2,5	4,0
	НСР _{0,01}	1,18	0,69	0,26
количество черенков с 3 корнями и более, %	группа 1 (5,0-6,0 мм)	0	0	50,0
	группа 2 (6,1-7,0 мм)	100	71,4	57,4
	группа 3 (7,1-8,0 мм)	0	22,2	64,3
	группа 4 (8,1-9,0 мм)	0	25,0	58,8
	НСР _{0,01}	-	24,12	4,60

Среди изучаемых групп достоверное превышение было отмечено в 4-й группе. Укореняемость составила 10%. Между укореняемостью черенков во 2-й и 3-й группах существенной разницы не установлено. На 22-й день в 1-й группе отмечен максимальный возможный результат по укореняемости черенков: одновременно 100%,

что существенно выше укореняемости черенков в других группах. Самый низкий результат на 22-й день отмечен во 2-й группе (28,6%), а на 26 день – в 3-й группе (60,9%).

В 1-й группе на 19-й день не установлено ни одного укоренившегося побега, поэтому соответственно корней на черен-

ках не отмечено. На 19-й во второй группе количество корней на 1 черенок составило 5,0 шт., что существенно выше, чем в 3-й и 4-й группах: 1,0 шт. и 2,0 шт. соответственно. На 22-й день наибольшее количество корней на 1 черенок отмечено во 2-й группе – 3,1 шт., что достоверно превышает этот показатель в 1-й и 3-й группах: 1,3 шт. и 1,9 шт. соответственно, но не имеет существенной разницы с изучаемым показателем в 4-й группе (2,5 шт.). Самое низкое количество корней на 1 черенок на 22-й день отмечено в 1-й группе – 1,3 шт., что существенно ниже этого показателя во 2-й и 4-й группах и не имеет существенной разницы с количеством корней в 3-й группе.

По мнению ряда учёных [1, 7] и в соответствии с требованиями ГОСТа Р 53025-2008 [13], важную роль играет наличие на саженцах 3-х корней и более. На 19-й день лишь во 2-й группе были отмечены черенки с тремя корнями и более, причём все укоренившиеся. На 22-й день в 1-й группе не отмечено ни одного черенка с тремя корнями и более. Во 2-й группе установлено максимальное количество черенков с тремя корнями и более (71,4%), что существенно превышает этот показатель в других группах.

Между количеством черенков с тремя корнями и более в 3-й и 4-й группах разница была несущественной. Этот показатель составил 22,2% и 25,0% соответственно. На 26-й день в 1-й группе 50% всех укоренившихся черенков имели 3 корня и более, что существенно ниже этого показателя во всех других группах. Наибольшее количество черенков с тремя корнями и более отмечено в 3-й группе. Оно составило 64,3%, что существенно выше этого показателя в других группах.

Выводы

1. При сравнении процессов побего- и корнеобразования лиан *A. acontifolia* в водной среде между группами черенков различной толщины установлено, что при увеличении их диаметра увеличиваются степень распускания глазков и количество корней на 1 черенок.

2. Длина первого побега во всех группах, кроме второй, больше длины второго побега, что свидетельствует о проявлении полярности у лиан. Между длинной первого побега во всех изучаемых группах су-

щественной разницы не выявлено, кроме группы черенков диаметром 6,1-7,0 мм, где показатель существенно ниже, чем в остальных группах.

3. Укореняемость черенков колебалась от 100% до 60,9%. Разница между всеми группами черенков существенна. Самая высокая укореняемость установлена в группе черенков диаметром 5,0-6,0 мм.

4. Количество черенков с тремя корнями и более при проращивании в водной среде является весьма значительным (от 50% до 64%), поэтому можно сделать предварительный вывод о том, что для укоренения лиан *A. acontifolia* возможно использование черенков диаметром от 5,0 мм до 9,0 мм.

Библиографический список

1. Малтабар Л.М., Козаченко Д.М. Виноградный питомник (теория и практика). – Краснодар: 2009. – 290 с.
2. Саркисова М.М. Действие ауксинов на некоторые физиологические изменения в регенерирующих черенках винограда // Процессы дифференциации и регенерации у изолированных тканей и органов растений: Межвузовский научно-темат сб. – Махачкала: 1986. – С. 49-53.
3. Турецкая Р.Х. Физиология корнеобразования у черенков и стимуляторы роста. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 280 с.
4. Чайлахян М.Х., Саркисова М.М. Регуляторы роста у виноградной лозы и плодовых культур. – Ереван: Изд-во АН Армянской ССР, 1980. – 188 с.
5. Малтабар Л.М., Радчевский П.П., Магомедов Н.Д. Ризогенная активность черенков новых сортов винограда при окоренении их на воде и в брикетах из гравилена // Виноград и вино России. – 1996. – № 5. – С. 11-13.
6. Радчевский П.П. Влияние сортовых особенностей на регенерационные свойства черенков подвойных сортов винограда при их укоренении // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – № 07 (091). – С. 1588-1619.
7. Радчевский П.П. Особенности протекания регенерационных процессов у черенков винограда сорта Молдова в зависимости от их толщины // Политематический сетевой

электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 03 (097). С. 203-223.

8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – С. 262

9. Дерендовская А.И. Регенерационные процессы у привитых черенков винограда в связи с гормональной регуляцией / А.И. Дерендовская: Автореф. дис. канд. с.-х. наук. – Кишинев, 1992. – 44 с.

10. Bartolini G., Toponi M.A., Santini L. Fyton. 1991. 52. № 1. С. 915.

11. Chauvin P. Notes concernant L'emploi de L'exuberone. Chauvin s.a. agrodistribution. – Catalogue. № 4. 2000. P. 46.

12. Радчевский П.П. Особенности проявления корреляционных зависимостей между степенью вызревания черенков устойчивых сортов винограда и их корне-

образовательной способностью // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 01 (095). – С. 327-346.

13. ГОСТ Р 53025-2008. Посадочный материал винограда (саженцы) / Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2009. – 5 с.

Материал поступил в редакцию 03.11.2016 г.

Сведения об авторе

Хлевный Дмитрий Евгеньевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко; 350012, Краснодарский край, г. Краснодар, центральная усадьба КНИИСХ; тел.: 8-961-524-43-43; e-mail: spvikings@mail.ru

D.E. KHLEVNY

Federal state budget research institution «Krasnodarsky research institute of agriculture named after P.P. Lukyanenko», Krasnodar

THE INFLUENCE OF THE DIAMETER OF LIANA CUTTINGS OF KIND AMPELOPSIS ON THEIR REGENERATION ABILITY

According to some scientists, in the procurement and subsequent rooting of shoots, the diameter of the cutting is one of the important visual indicators. The aim of our study was to determine the influence of the diameter of the cuttings of lianas A. acontifolia on their regeneration ability when rooting in the aquatic environment and to establish correlations between the diameter of a cutting and processes of shoot – and root formation as well. As a result of the conducted experience we can draw the following conclusions: 1. When comparing processes shoot – and root formation between groups of cuttings between groups of different thickness there was established that by increasing their diameter the degree of bud blooming and a number of roots on one cutting are increased. In all groups the biggest influence of the diameter of the cutting even if it was not substantial was established when there was registered the least number of shoots on one cutting. 3. The length of the first shoot in all studied groups except the second one was larger than the length of the second shoot which shows a polarity of lianas. Between the long first shoot in all studied groups the significant difference was not revealed, except for the group of cuttings with a diameter of 6.1-7.0 mm where the indicator is significantly lower than in other groups. 4. The significant difference was not established according to the total length of shoots on one cutting between their groups by the end of the experiment. 5. The rooting of cuttings A. acontifolia, in the water medium fluctuated from 100% to 60.9%. The difference between all groups of cuttings is essential. The highest rooting was determined in the group of cuttings of 5.0-6.0 mm. 6. As the number of cuttings with 3 or more roots at germination in aquatic medium is quite high (50% to 64%), we can draw a preliminary conclusion that it is possible to use the cuttings with a diameter of 5.0 mm to 9.0 mm for rooting of lianas A. acontifolia.

Liana, diameter, cutting, kind Ampelopsis, acceleration, water medium.

Reference

1. Maltabar L.M., Kozachenko D.M. Vinogradny pitomnik (teoriya i praktika). – Krasnodar: 2009. – 290 s.

2. Sarkisova M.M. Deistvie auksinov na nekotorye fiziologicheskie izmeneniya v regeneriruyushchih cherenkah vinograda // Protsessy differentsiatsii i regeneratsii u izolirovannyh

tkanej I organov rastenij: Mezhvuzovskiy nauchno-temat sb.. – Makhachkala: 1986. – S. 49-53.

3. Turetskaya R.H. Fiziologiya korneobrazovaniya u Cherenkov I stimulyatory rosta. – M.: Izd-vo AN SSSR, 1961. – 280 s.

4. Chailahyan M.H., Sarkisova M.M. Regulyatory rosta u vinogradnoj lozy I plodovyyh culjtur. – Yerevan: Izd-vo AN Armyanskoj SSR, 1980. – 188 s.

5. Maltabar L.M., Radchevsky P.P., Magomedov N.D. Rizogennaya aktivnostj Cherenkov novyyh sortov vinograda pri okorenenii ih na vode i v briketah iz gravilena // Vinograd I vino Rossii. – 1996. – № 5. – S. 11-13.

6. Radchevsky P.P. Vliyanie sortovyyh osobennostej na regeneratsionnye svoystva Cherenkov podvoynyyh sortov vinograda pri ih uskorenenii // Politematicheskyy setevoy elektronny nauchny zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchny zhurnal KubGAU) [Elektronny resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – № 07 (091). – S. 1588-1619.

7. Radchevsky P.P. Osobennosti protekaniya regeneratsionnyh protsessov u Cherenkov vinograda sorta Moldova v zavisimosti ot ih tolshchiny // Politematicheskyy setevoy elektronny nauchny zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchny zhurnal KubGAU) [Elektronny resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – № 03 (097). S. 203-223.

8. Dospheov B.A. Metodika polevogo opyta. – M.: Kolos, 1979. – 262 s.

9. Derendovskaya A.I. Regeneratsionnye protsessy u privityh Cherenkov vinograda v svyazi s gormonalnoj regulyatsiej / A.I. Derendovskaya: Avtoref. Dis. Cand. S-h. nauk. – Kishinev, 1992. – 44 s.

10. Bartolini G., Toponi M.A., Santini L. Fyton. 1991. 52. № 1. C. 915.

11. Chauvin P. Notes concernant L'emploi de L'exuberone. Chauvin s.a. agrodistribution. – Catalogue. № 4. 2000. P. 46.

12. Radchevsky P.P. Osobennosti proyavleniya korrelyatsionnyh zavisimostej mezhdru stepenju vyzrevaniya cherenkov ustoichivyyh sortov vinograda I ih korneobrazovatelnoj sposobnostjyu // Politematicheskyy setevoy elektronny nauchny zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchny zhurnal KubGAU) [Elektronny resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – № 01 (095). – S. 327-346.

13. GOST R53025-2008. Pocadochnyy material vinograda (sazhentsy) / Tehnicheskie usloviya. – M.: Standartinform, 2009. – 5 s.

The material was received at the editorial office
03.11.2016

Information about the author

Khlevnyy Dmitriy Yevgenjevich, candidate of agricultural sciences, senior researcher, KNIISH named after P.P. Lukjyanenko; 350012, Krasnodarsky kraj, Krasnodar, the central usadjba KNIISH; tel.: 8-961-524-43-43; e-mail: spviking@mail.ru

УДК 502/504:349.41:63

В.В. УСТЮКОВА

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт государства и права Российской академии наук (ИГП РАН)», г. Москва

М.Н. ВОЙТ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва

ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ ПРАВ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ И НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ НА ЗЕМЛЮ

Федеральные государственные бюджетные учреждения (ФГБУ), деятельность которых связана с развитием аграрного образования и науки, зачастую используют земельные участки не только как пространственно-территориальный базис (для размещения здания соответствующего института или университета), но и как научно-производственную базу для проведения научных опытов в сфере селекции, сортоиспытания и семеноводства, а также для обучения студентов. Поэтому права этих организаций на землю должны быть надежно обеспечены. Однако в действующем законодательстве наметились негативные тенденции, которые снижают юридические гарантии защиты этих прав. На основе анализа нормативных правовых актов, действующих в данной сфере, и юридической литературы в статье подвергается критике порядок прекращения прав образовательных и научных организаций в интересах Фонда развития жилищного строительства (в настоящее время – единого института развития в жилищной сфере). Доказывается, что прекращение прав ФБГУ на земельные участки в целях развития жилищного строительства является по своей сути изъятием земельного участка для государственных или муниципальных нужд, однако законодатель сознательно не использует этот термин и устанавливает особый порядок прекращения прав, лишая тем самым ФБГУ соответствующих гарантий и компенсаций. Исследуются правовые позиции по данному вопросу Конституционного суда Российской Федерации, а также арбитражных судов. Делается вывод о том, что совершенствование правового регулирования земельных отношений с участием ФБГУ по обозначенным в статье направлениям будет способствовать защите земельных прав таких организаций, повышению научного и кадрового потенциала Российской Федерации и укреплению продовольственной безопасности России.

Образовательные и научные учреждения, земельные участки, право постоянного (бессрочного) пользования, прекращение прав на земельные участки, земли сельскохозяйственного назначения, изъятие земель для публичных нужд, Конституционный суд, Фонд развития жилищного строительства, единый институт развития в жилищной сфере, защита прав на землю.

Введение. Федеральным бюджетным государственным образовательным и научным учреждениям (далее – также ФБГУ) земельные участки принадлежат на праве постоянного (бессрочного) пользования. Они могут располагаться на землях населенных пунктов, однако значительная часть таких земельных участков находится на землях сельскохозяйственного назначения, которые согласно ст. 78 Земельного кодекса РФ могут использоваться опытно-производственными, учебными, учебно-опытными и учебно-производственными подразделениями научных организаций, образовательных организаций, осуществляющих подготовку кадров в области сельского хозяйства, и общеобразова-

тельных организаций. Вместе с тем развитие городов, дефицит земельных участков для застройки все чаще приводят к тому, что такие участки начинают использовать в целях жилищного строительства. Это не представляло бы большой беды, если бы перевод сельхозземель в земли иных категорий (в земли населенных пунктов) или их изъятие для публичных нужд осуществлялись в строгом соответствии с установленными законом общими процедурами. Однако чаще всего права на земельные участки, закрепленные за ФБГУ, прекращаются в специальном порядке, предусмотренном Федеральным законом от 24 июля 2008 г. № 161-ФЗ «О содействии развитию жилищного строительства».

Постановка проблемы, ее оценка в науке и в судебной практике

Специальный порядок состоит в том, что согласно ст. 15 Закона № 161-ФЗ право постоянного (бессрочного) пользования ФБГУ подлежит прекращению *без согласия этих организаций и независимо от оснований, предусмотренных п. 2 ст. 45 ЗК РФ*. Среди этих оснований, наряду со случаями изъятия земельного участка *в связи с его ненадлежащим использованием*, указано также такое основание прекращения права, как *изъятие земельного участка для государственных или муниципальных нужд*. Тем самым процедура прекращения права постоянного (бессрочного) пользования намеренно была выведена из процедуры, которая ранее предусматривалась ст. 55 Земельного кодекса РФ, а с 1 апреля 2015 г. – новой главой «Порядок изъятия земельных участков для государственных или муниципальных нужд». Однако в юридической литературе отмечалось, что в Законе о жилищном строительстве устанавливается фактически специальный, упрощенный порядок именно изъятия земельных участков, находящихся в федеральной собственности, ведь участки, права на которые прекращаются, передавались в собственность Федерального фонда содействия развитию жилищного строительства (далее также – Фонд, Фонд РЖС), как и иное изымаемое имущество [1-3].

Федеральным законом от 23 июня 2016 г. № 221-ФЗ [4] в рассматриваемый закон № 161-ФЗ внесены изменения, связанные, в том числе, с тем, что по всему тексту Закона слова «Федеральный фонд содействия развитию жилищного строительства», «Фонд» заменены словами «единственный институт развития в жилищной сфере деятельности» (далее – единственный институт развития). Однако поскольку полномочия единого института развития во многом совпадают с правами и полномочиями Фонда, в статье будет использоваться термин «Фонд РЖС», тем более, когда анализируются литература и судебная практика, сложившаяся ранее, в период деятельности Фонда.

Нередко прекращение права постоянного (бессрочного) пользования земельными участками по названному Закону называется «изъятием» и в судебных решениях, в том числе в названных ниже определениях Конституционного суда РФ. Однако в отличие от изъятия земельных участков для публичных нужд, возможные случаи и порядок ко-

торого определены законом, прекращение прав Фондом РЖС (ныне – единым институтом развития) возможно в отношении любого земельного участка.

Если говорить более конкретно, согласно Закону о жилищном строительстве органы государственной власти субъектов РФ подготавливают перечни находящихся в федеральной собственности земельных участков, направляют их в Фонд РЖС (ныне – единый институт развития), который в свою очередь направляет предложения об использовании земельных участков (в частности, о прекращении права постоянного (бессрочного) пользования на такие участки либо о расторжении договоров аренды) в межведомственный коллегиальный орган – Правительственную комиссию по развитию жилищного строительства [5].

Правительственная комиссия, если сочтет это целесообразным, может, в частности, принять решение о совершении единым институтом развития (ранее – Фондом) юридических и иных действий, в том числе сделок, в отношении земельных участков, иных объектов недвижимого имущества, находящихся в федеральной собственности, в качестве агента Российской Федерации в целях, предусмотренных № 161-ФЗ, а также о внесении Российской Федерацией земельных участков, иных объектов недвижимого имущества, находящихся в федеральной собственности, включая земельные участки, иные объекты недвижимого имущества, в отношении которых единственный институт развития выступает агентом Российской Федерации, в качестве вклада в уставный капитал единого института развития в жилищной сфере в целях, предусмотренных названным законом.

Положения Закона № 161-ФЗ неоднократно подвергались критике в юридической литературе. Недостатки Закона ученые видели в следующем:

- в нем отсутствуют какие-либо критерии как для подготовки предложений Фондом, так и для принятия решений Правительственной комиссией по вопросу прекращения прав на земельные участки, находящиеся в федеральной собственности, в целях жилищного и иного строительства;
- основания и условия принятия Правительственной комиссией решений определяются самой Комиссией (ч. 3 ст. 12 Закона);
- решения, принятые Комиссией в соответствии с ее компетенцией, являются обяза-

тельными для органов государственной власти и организаций и направляются им в виде копий протоколов заседаний Комиссии или выписок из них. Возможность их обжалования Законом не предусмотрена;

- в Законе отсутствуют также нормы о том, что федеральным государственным унитарным предприятиям и учреждениям предоставляются иные земельные участки взамен изымаемых и возмещаются убытки, возникшие в связи с прекращением прав [2-3].

В литературе отмечалось, что рассматриваемый Закон не соответствует требованию п. 3 ст. 35 Конституции РФ, воспроизведенному и в п. 2 ст. 55 ЗК РФ, согласно которому принудительное отчуждение земельного участка для государственных или муниципальных нужд может быть проведено только на основании решения суда и после предварительного и равноценного возмещения. Закон содержит многочисленные нарушения прав государственных организаций и учреждений на земельные участки, которые не могут быть оправданы необходимостью обеспечения публичного (якобы) интереса в развитии жилищного строительства [2-3]. Приводились многочисленные примеры явного противоречия положений Закона нормам, закрепленным ГК РФ и ЗК РФ, что недопустимо, ведь каким бы прогрессивным ни был вновь принятый нормативный акт, он не должен противоречить уже действующему законодательству. Во всяком случае он не должен, решая жизненно важные проблемы одних лиц, нарушать при этом права других [3]. Говорилось о коррупционном «оттенке» некоторых норм Закона, способствующих бесконтрольным нарушениям в сфере оборота земли и фактически игнорирующих право на защиту землепользователей, связанное с оспариванием действий по изъятию земельных участков [1].

В первую очередь в поле зрения Фонда РЖС попадали земельные участки сельскохозяйственного назначения (сельскохозяйственные угодья), предоставленные федеральным образовательным и научным учреждениям, а также федеральным унитарным предприятиям (с созданием единого института развития такой подход, вероятно, сохранится). Конечно, научные и образовательные организации не готовы были смириться с «изъятием» (если называть вещи своими именами) у них земельных участков, которые они исполь-

зуют для осуществления своей уставной деятельности, и неоднократно обращались в Конституционный суд РФ с заявлениями о признании ст. 15 (и ряда других статей) Закона о жилищном строительстве неконституционными. Однако Конституционный суд (далее также – КС) перечисленные недостатки Закона № 161-ФЗ странным образом «не замечает» (за исключением судьи М.И. Клеандрова), даже не принимает жалобы этих организаций на нарушение их конституционных прав данным Законом к рассмотрению. В Определении от 4 октября 2012 г. № 1911-О [6] по жалобе Пермской сельскохозяйственной академии имени Д.И. Прянишникова на нарушение ее прав и свобод статьями 12 и 15 рассматриваемого Закона о жилищном строительстве суд мотивировал отказ в принятии жалобы тем, что оспариваемые нормы Закона призваны обеспечить решение социальных задач государства в жилищной сфере наиболее оперативным способом и по своей сути направлены на реализацию гарантий, закрепленных в статьях 7 и 40 Конституции Российской Федерации. По этой причине прекращение уполномоченными государством органами предоставленного федеральному бюджетному учреждению права постоянного (бессрочного) пользования земельным участком без предварительного решения суда само по себе не может рассматриваться как несовместимое с конституционными гарантиями в сфере имущественных прав и отношений собственности. А для обеспечения гарантий, закрепленных в ст. 35 Конституции РФ (в частности, в целях выполнения своих обязательств по договорам), бюджетные учреждения, по мнению суда, могут использовать существующие правовые механизмы, т.е. они вправе обращаться в суд за защитой от негативных последствий изъятия земельных участков, которыми обладали на указанном праве. В частности, они вправе требовать признать недействительным решение об изъятии земельного участка. И с учетом фактических обстоятельств конкретного дела защита имущественных интересов бюджетного учреждения может быть осуществлена посредством принятия судебного решения о возмещении ему убытков или об изменении правоотношения (например, путем предоставления иного участка).

Впоследствии с аналогичными жалобами на неконституционность норм Зако-

на № 161-ФЗ обращались и другие организации, однако результат был тот же: отказ в принятии жалобы [7-8].

В Определении от 23 апреля 2013 г. № 533-О суд вновь указал, что Закон не исключает возможность судебной защиты от произвольного (*подч. нами. – Авт.*) изъятия земельных участков, предоставленных на праве постоянного (бессрочного) пользования. Также в данном Определении отмечено, что отсутствие непосредственно в Федеральном законе «О содействии развитию жилищного строительства» каких-либо механизмов, предусмотренных для восстановления прав при изъятии земельных участков, само по себе не может рассматриваться как отменяющее действие защитных мер правового характера, предусмотренных Гражданским кодексом Российской Федерации, включая право землепользователей оспорить соответствующее решение в суде, который обязан вынести обоснованное, мотивированное решение на основе оценки всей совокупности имеющих значение для дела обстоятельств, в т.ч. последствия состоявшегося изъятия.

Судебная практика, которая начала складываться еще до принятия указанного Определения КС и продолжалась после его принятия, опровергает этот вывод КС, тем более, что он не разъяснил, какое изъятие по ФЗ о жилищном строительстве суд может признать «*произвольным*», если в самом законе, как отмечалось выше, никакой процедуры прекращения прав (в отличие от ЗК РФ) нет.

Как правильно предположил судья Конституционного суда М.И. Клеандров (единственный, кто не согласился с общей позицией и изложил свое особое мнение по поводу Определения Конституционного суда от 4 октября 2012 г.), лица, права которых на земельные участки прекращены по Закону № 161-ФЗ, не смогут защитить эти свои права в судебном порядке, так как «суд вынужден руководствоваться действующим законодательством, совокупные нормы которого не соответствуют части 3 статьи 35 Конституции Российской Федерации». По мнению М.И. Клеандрова, Конституционному суду следовало принять жалобу к производству и, рассмотрев ее по существу, признать обжалуемые нормы не соответствующими Конституции РФ.

Можно привести многочисленные примеры судебных решений, вынесенных

не в пользу лиц, у которых были прекращены права на землю по рассматриваемому закону. Во всех этих решениях написано, что Фонд РЖС действовал в пределах предоставленных им полномочий, а потому нет оснований признавать прекращение прав незаконным. При этом отказывают в удовлетворении требований землепользователей, ссылаясь именно на те статьи, которые научные организации тщетно пытались признать неконституционными в КС. Отказывая во взыскании компенсаций за изъятие земель (прекращение права постоянного (бессрочного) пользования), суды резонно отмечают, что «положениями законодательства, регулирующего прекращение прав на земельные участки в порядке формирования имущества Фонда РЖС, не предусмотрены какие-либо компенсационные выплаты землепользователям при прекращении права постоянного (бессрочного) пользования» [8]. Правда, есть единичные примеры вынесения решений в пользу научных и образовательных учреждений, но лишь в тех случаях, когда сам Фонд грубо нарушал действующее законодательство. В частности, Арбитражный суд Республики Северная Осетия-Алания по заявлению Горского государственного аграрного университета признал недействительным распоряжение Министерства архитектуры и строительной политики РСО-Алания (далее – Министерство) от 27.06.2012 г. № 9 «О прекращении права постоянного (бессрочного) пользования земельным участком». Министерство пыталось данное решение обжаловать, однако Шестнадцатый апелляционный суд оставил эту жалобу без удовлетворения.

Суд установил, что Правительственная комиссия по развитию жилищного строительства приняла решение передать органам государственной власти РСО-Алания осуществление полномочий Российской Федерации по управлению и распоряжению земельным участком ориентировочной площадью 100000 кв. м путем образования из находящегося в федеральной собственности земельного участка площадью 503339 кв. м, из земель учхоза им. А. Саламова. Однако Министерство оспариваемым распоряжением прекратило право постоянного (бессрочного) пользования университета всем земельным участком.

Суд указал, что, поскольку решение о передаче органам государственной вла-

сти РСО-Алания осуществления полномочий Российской Федерации по управлению и распоряжению земельным участком 403339 кв. м Правительственной комиссией по развитию жилищного строительства не принималось, нет оснований для прекращения права постоянного (бессрочного) пользования университета в отношении указанной части земельного участка. Таким образом, Министерство превысило предоставленные ему Законом о жилищном строительстве полномочия, распорядившись не частью, а всем земельным участком, что свидетельствует о незаконности оспариваемого распоряжения и нарушении прав и законных интересов университета как пользователя спорным земельным участком [9]. Но, повторяем, примеры такого рода, когда решения по прекращению права постоянного (бессрочного) пользования в интересах Фонда РЖС признаются недействительными, единичны. Во всех остальных случаях научные и образовательные организации, вопреки мнению Конституционного суда РФ, не могут защитить свои права на землю. И поскольку все возможные средства защиты внутри страны исчерпаны, у организаций, права на землю которых нарушены, остается только один путь: обратиться с соответствующей жалобой в Европейский суд по правам человека.

Следует отметить один положительный сдвиг в регулировании отношений по прекращению права постоянного (бессрочного) пользования федеральных государственных предприятий и учреждений. Федеральным законом от 29 декабря 2015 г. № 405-ФЗ в ст. 12 Закона № 161-ФЗ внесены изменения. Согласно этой новелле в решениях Правительственной комиссии о целесообразности передачи единому институту развития права совершения юридических и иных действий, в том числе сделок, в отношении земельных участков, права на которые прекращаются, в качестве агента РФ, а также в случаях, когда соответствующие земельные участки внесены в качестве вклада в уставный капитал единого института развития, должно быть указано поручение уполномоченному федеральному органу исполнительной власти принять решение о принудительном прекращении прав организаций и передаче им иных находящихся в федеральной собственности земельных участков при наличии их письменного согласия.

Таким образом, у ФГУП и ФГБУ появилась возможность получить земельные участки взамен «изымаемых» в пользу единого института развития. Однако этого явно недостаточно, особенно если прекращаются права на земельные участки, используемые как сортоиспытательные участки, опытные поля и т.п. А в целях обеспечения гарантий прав федеральных образовательных и научных учреждений, предотвращения многочисленных судебных споров по поводу земельных участков в будущем всем заинтересованным лицам через депутатский корпус необходимо добиваться внесения в Закон № 161-ФЗ изменений, с тем, чтобы при решении вопросов о прекращении прав на земельные участки подобных организаций были четко определены критерии такого прекращения, предусмотрена компенсация убытков и устранены иные, указанные выше недостатки Закона.

Отметим, что недавно с этой проблемой (попыткой прекращения прав на земельные участки в интересах Фонда РЖС) столкнулся и Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева. Лишь вмешательство Президента Российской Федерации помогло сохранить опытные поля Тимирязевки в неприкосновенности. Однако если бы правовое регулирование рассматриваемых отношений было урегулировано надлежащим образом, не потребовалось бы привлекать Президента к решению таких задач.

Выводы

Вряд ли такое положение, когда по Закону от 24 июля 2008 г. № 161-ФЗ можно свободно, фактически беспрепятственно и безвозмездно прекращать права на землю сельскохозяйственных научных и образовательных учреждений, коммерческих организаций, имеющих земельные участки на праве постоянного (бессрочного) пользования, даже в тех случаях, когда они эффективно используются в научных, образовательных или хозяйственных целях, можно считать нормальным. Это противоречит общим принципам гражданского и земельного права и, как отмечалось, Конституции РФ. Напротив, принятие соответствующих изменений в названный Закон будет способствовать повышению научного и кадрового потенциала Российской Федерации и укреплению продовольственной безопасности России.

Библиографический список

1. Кирилловых А.А. Проблема защиты прав землепользователей в законодательстве о развитии жилищного строительства // Нотариус. – 2010. – № 3. – С. 15-18.

2. Землякова Г.Л., Мельников Н.Н., Самончик О.А., Устюкова В.В. Правовое обеспечение публичного интереса при регулировании земельных отношений // Государство и право. – 2011. – № 9. – С. 51.

3. Рахвалова М.Н. Новый подход к решению вопроса об удовлетворении потребности граждан в жилье // Правовые вопросы строительства. – 2012. – № 1. – С. 19-21.

4. Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон «О содействии развитию жилищного строительства» и отдельные законодательные акты Российской Федерации». <https://yandex.ru/search/?text=4.%09>. Дата обращения – 25.11.2016 г.

5. Положение о Правительственной комиссии по развитию жилищного строительства и оценке эффективности использования земельных участков, находящихся в собственности Российской Федерации утверждено Постановлением Правительства РФ от 22 августа 2008 г. № 632. <http://base.garant.ru/2307494/>. Дата обращения – 25.11.2016 г.

6. Об отказе в принятии к рассмотрению жалобы Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова» на нарушение конституционных прав и свобод положениями статей 12 и 15 Федерального закона «О содействии развитию жилищного строительства». <http://zakonbase.ru/content/base/277061>. Дата обращения – 25.11.2016 г.

7. Определение Конституционного суда РФ от 23 апреля 2013 г. № 533-О «Об отказе в принятии к рассмотрению жалобы государственного научного учреждения

Всероссийский научно-исследовательский институт кормов имени В.Р. Вильямса Российской академии сельскохозяйственных наук на нарушение конституционных прав и свобод частью 1 статьи 15 Федерального закона «О содействии развитию жилищного строительства»; Определение Конституционного суда РФ от 23 апреля 2015 г. № 915-О «Об отказе в принятии к рассмотрению жалобы общества с ограниченной ответственностью «Элит-Билдинг» на нарушение конституционных прав и свобод статьями 11, 12 и 15 Федерального закона «О содействии развитию жилищного строительства». <http://zakonbase.ru/content/part/1388200>. Дата обращения – 25.11.2016 г.

8. Постановление Десятого арбитражного апелляционного суда от 4 апреля 2013 г. по делу № А41-7035/12 // СПС Консультант-Плюс. Судебная практика. Дата обращения – 25.11.2016 г.

9. Постановление Шестнадцатого апелляционного суда от 13 декабря 2013 г. по делу № А61-1042/2013 // СПС Консультант-Плюс. Судебная практика. Дата обращения – 25.11.2016 г.

Материал поступил в редакцию 25.11.2016 г.

Сведения об авторах

Устюкова Валентина Владимировна, доктор юридических наук, профессор, заведующая сектором сельскохозяйственного и земельного права Института государства и права РАН; 119019, Москва, ул. Знаменка, д. 10, г. Москва; тел.: (495) 691-86-03; e-mail: landlaw@igpran.ru

Войт Марина Николаевна, проректор по правовым и экономическим вопросам, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; г. Москва; тел.: (499) 977-49-40; e-mail: voit@rgau-msha.ru

V.V. USTYUKOVA

Federal state budget institution of science «Institute of state and law of the Russian academy of sciences (ISL RAS)», Moscow

M.N. VOIT

Federal state budget educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow

PROBLEMS OF PROTECTION OF THE RIGHTS OF FEDERAL EDUCATIONAL AND RESEARCH ORGANIZATIONS TO LAND

Federal state budgetary institutions (FSBI) the activity of which is connected with the development of agricultural education and science often use land plots not only as a spatial-territorial basis (for placing of the building of the corresponding Institute or University) and also as a research and production base for scientific experiments in the field of plant breeding and seed production, variety testing as well as for teaching students. Therefore, the rights of these organizations to land should be reliably secured. However, under the current legislation there are some negative trends that reduce legal guarantees of protection of those rights. Based on the analysis of normative legal existing in this area and juridical literature the article criticizes the order of termination of rights of educational and research organizations in the interests of the Fund of housing development (currently a single housing development Institute). It is proved that termination of the FSBI rights to land plots for housing development means a land confiscation in favor of state or municipal needs, however, the legislator does not deliberately use this term and establishes a special procedure for termination of rights, thereby depriving the FBGU of the relevant guarantees and compensations. There are investigated legal positions of the Constitutional Court of the Russian Federation as well as arbitration courts on the matter. It is concluded that improvement of the legal regulation of land relations involving FSBI on the directions indicated in the article will contribute to protection of the land rights of these organizations, improvement of the scientific and personnel potential of the Russian Federation and strengthening of food security in Russia.

Educational and research institutions, plots of land, the right of permanent (indefinite) use, termination of rights to plots of agricultural land, seizure of land for public needs, Constitutional Court, Housing Development Fund, a single housing development Institute, protection of rights to land.

References

1. Kirillovych A.A. Problema zashchity prav zemlepolzovaniya v zakonodatelstve o razvitiy zhilishchnogo stroitelstva // Notarius. – 2010. – № 3. – S. 15-18.
2. Zemlyakova G.L., Meljnikov N.N., Samonchik O.A., Ustyukova V.V. Pravovoye obecpechenie publicnogo interesa pri regulirovani zemelnyh otnoshenij // Gosudarstvo i pravo. – 2011. – № 9. – S. 51.
3. Rahvalova M.N. Novyj podhod k resheniyu voprosa ob udovletvorenii potrebnosti grazhdan v zhilje // Pravovye voprosy stroitelstva. – 2012. – № 1. – S. 19-21.
4. Federalny zakon «O vnesenii izmenenij v Federalny zakon «O sodejstvii razvitiyu zhilishchnogo stroitelstva» i otdelnyye zakonodatelnyye acty Rossijskoj Federatsii». <https://yandex.ru/search/?text=4.%09>. Data obrashcheniya – 25.11.2016 g.
5. Polozhenie o Pravitelstvennoj comissii po razvitiyu zhilishchnogo stroitelstva i otsenke effektivnosti ispolzovaniya zemelnyh uchastkov, nahodyashchihcya v sobstvennosti Rossijskoj Federatsii uverzhdeno Postanovleniem Pravitelstva RF ot 22 avgusta 2008 g. № 632. <http://base.garant.ru/2307494/>. Data obrashcheniya – 25.11.2016 g.
6. Ob otkaze v prinyatii k rassmotreniyu zhaloby Federaljnogo gosudarstvennogo byudzhetnogo obrazovateljnogo uchrezhdeniya vyshego professionaljnogo obrazovaniya «Permskaya gosudarstvennaya seljskochozyajstvennaya academiya imeni akademika D.N. Pryanishnikova» na narushenie constitutsionnyh prav i svobod polozheniyami statej 12 i 15 Federaljnogo zakona «O sodejstvii razvitiyu zhilishchnogo stroitelstva». <http://zakonbase.ru/content/base/277061>. Data obrashcheniya – 25.11.2016 g.
7. Opredelenie Constitutsionnogo suda RF ot 23 aprelya 2013 g. № 533-O «Ob otkaze v prinyatii k rassmotreniyu zhaloby gosudarstvennogo nauchnogo uchrezhdeniya Vserossijskij nauchno-issledovateljsky institute kormov imeni V. R Viljyamsa Rossijskoj academii seljskochozyajstvennyh nauk na narushenie constitutsionnyh prav i svobod chastyu 1 statji

15 Federaljnogo zakona «O sodejstvii razvitiyu zhilishchnogo stroiteljstva»; Opredelenie Constitucionnogo suda RF ot 23 aprelya 2015 g. № 915-O «Ob otkaze v prinyatii k rassmotreniyu zhaloby obshchestva s ogranichennoj otvetstvennostiu «Elit-Bilding» na narushenie constitucionnyh prav i svobod statjami 11, 12 i 15 Federaljnogo zakona «O sodejstvii razvitiyu zhilishchnogo stroiteljstva». <http://zakonbase.ru/content/part/1388200>. <http://zakonbase.ru/content/base/277061>. Data obrashcheniya – 25.11.2016 g.

8. Postanovlenie Desyatogo arbitrazhnogo apellyatsionnogo suda ot 4 aprelya 2013 g. Po delu № A41-7035/12 // SPS ConsuljtantPlyus. Sudebnaya practika. <http://zakonbase.ru/content/base/277061>. Data obrashcheniya – 25.11.2016 g.

9. Postanovlenie Shestnadtsatogo apellyatsionnogo suda ot 13 dekabrya 2013 g. Po

delu № A61-1042/2013 // SPS ConsuljtantPlyus. Sudebnaya practika. Data obrashcheniya – 25.11.2016 g.

The material was received at the editorial office
25.11.2016

Information about the authors

Ustyukova Valentina Vladimirovna, doctor of law, professor, head of the sector of agricultural and land law of the RAS Institute of state and law; 119019, Moscow, ul. Znamenka, d.10, tel.: (495) 691-86-03; e-mail: landlaw@igpran.ru

Voit Marina Nikolaevna, pro-rector on legal and economic matters, FSBEI HE «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev»; 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, d. 49; tel.: (499) 977-49-40; e-mail: voit@rgau-msha.ru

06.03.00 Лесное хозяйство

УДК 502/504:630.181:504.54(740.61)

С.А. СЕДЫХ, Н.В. ИВАНИСОВА, Л.В. КУРИНСКАЯ, Д.В. СЕМЁНОВ, Д.П. ЗЕЛЕНЬКОВНовочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова –
филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Донской государственной аграрный университет», г. Новочеркасск, Россия**ЭДАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РОСТА ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ
НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА НОВОЧЕРКАССКА**

Способность выполнения растениями средозащитных функций в условиях города напрямую зависит от их жизненного состояния. Более здоровые и хорошо развитые растения всегда способны в большей степени оказывать положительное влияние на городскую среду. Хвойные растения наиболее привлекательны для формирования системы зеленых насаждений в условиях урболандшафтов. Жизненное состояние растений во многом зависит от различных факторов роста и развития. Одним из факторов являются эдафические условия, так как почва – источник получения растениями элементов питания, влаги и биологической устойчивости. Для изучения хвойных растений на территории агломерации «город Новочеркасск» в детальном пересчете было подсчитано и изучено 1750 экземпляров древесно-кустарниковых форм, заложено 50 почвенных разрезов. Хвойные, растущие в зоне умеренного загрязнения, располагают более благоприятными условиями роста, так как почва имеет более высокий процент влажности, аэрации и большее содержание гумуса. Количество растений, отнесенных к первой категории (без признаков ослабления), составляет 25% от общего числа в данной зоне, сухостоя не обнаружено. Почвы зон с сильной и средней антропогенной нагрузкой преобразованы в техногенные урбоземы, с нарушением структурного сложения и минимальным содержанием гумуса. Жизненное состояние хвойных растений в таких неблагоприятных эдафических условиях является стрессовым.

Агломерация, хвойные, антропогенная нагрузка, зона загрязнения, эдафические условия, гумус, влажность почв, гранулометрический состав, кислотность почв, категория состояния.

Введение. Высокий уровень урбанизации городов, интенсификация транспортных потоков с каждым годом усиливают прессинг на природную среду, резко снижают качество городской среды, в результате чего вопрос использования хвойных пород в системе озеленения является актуальным. Изучение состояния и средообразующих функций растений в городах неизбежно приводит к выводу о том, что значительная роль в решении проблем экологической оптимизации промышленных центров отводится хвойным породам [1].

Хвойные древесные породы сегодня стали едва ли не ведущим изобразительным компонентом в ландшафтном дизайне, ведь самое ценное их качество – это

круглогодичная декоративность. К тому же хвойные растения обогащают воздух кислородом, сдерживают сильные порывы ветра, смягчают микроклимат на участке, поглощают шумы, идущие с оживленных улиц, и эффективно поглощают пыль. К достоинствам хвойных растений следует отнести их долговечность и биологическую устойчивость [2].

Способность выполнения функций защиты города и городского населения в целом напрямую зависит от жизненного состояния растений. Более здоровые и хорошо развитые растения всегда способны в большей степени оказывать положительное влияние на городскую среду. Это обусловлено более высокой возможностью восстанавливать по-

врежденные клетки под воздействием различных поллютантов и другого рода стрессоров [1].

Жизненное состояние растений во многом зависит от различных факторов роста и развития. Одним из факторов является почвенные условия, так как почва является источником получения растениями элементов питания (азота, фосфора, калия, микроэлементов и др.) [3].

Материалы и методы исследования. Для изучения эдафических условий роста хвойных на территории города Новочеркаска в детальном пересчете было подсчитано и изучено всего 1750 экземпляров древесно-кустарниковых форм хвойных. Для изучения были применены методы детального пересчета и метод оценки состояния прироста. Для изучения эколого-биологической характеристики хвойных растений на объектах исследования использовали шкалу оценки категорий состояния [4]: I – без признаков ослабления, II – ослабленные, III – сильно ослабленные, IV – усыхающие, V – свежий сухостой (текущего года), VI – старый сухостой (прошлых лет).

Инвентаризация хвойных растений, проводилась с учетом произрастания видов в зонах с различной антропогенной нагрузкой: III – умеренной (объекты специ-

ального и ограниченного пользования, парки); II – средней (объекты ограниченного пользования, скверы) и I – сильной (объекты общего пользования: улицы, проспекты, т.д.) [5].

Отбор почвенных проб осуществлялся в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83 методом конверта [6]. Определение содержания гумуса осуществляли по методу Никитина [7]. Влажность определяли полевым методом [7]. В образцах почвы определяли pH водной вытяжки с помощью pHметра ТИ-1101. Солеосодержание определяли методом анализа водной вытяжки [7].

Результаты и обсуждение. Из общего количества изученных видов наиболее часто встречаемой является сосна крымская (651 экземпляр). В наименьшем количестве произрастает сосна обыкновенная (336), ель колючая (290), туя западная (223) и туя восточная (128). На объектах исследования также произрастает ель обыкновенная (6), метасеквойя (1), можжевельник даурский (5), можжевельник обыкновенный (37), можжевельник казацкий (61), можжевельник вергинский (6) и чешуйчатый (6) [8].

Видовое разнообразие хвойных растений в системе озеленения агломерации «Город Новочеркасск» представлено на рисунке 1.

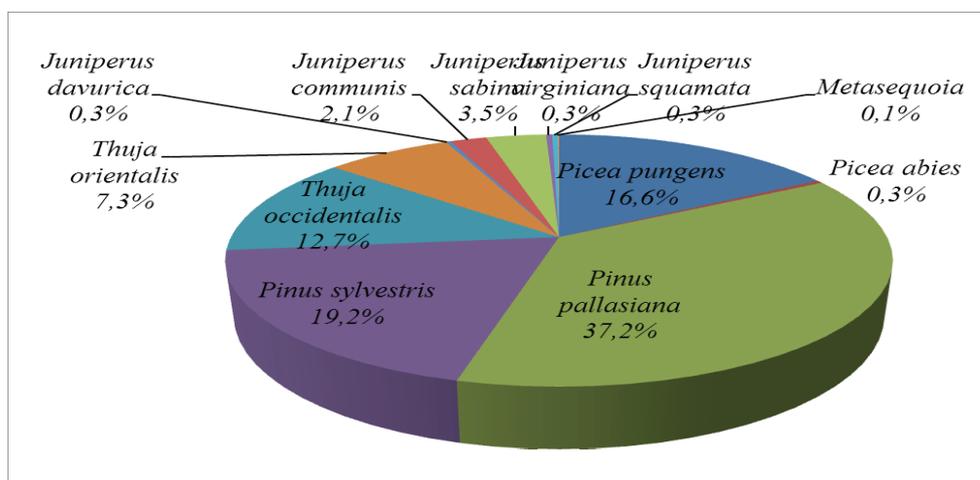


Рис. 1. Видовое разнообразие хвойных, произрастающих на территории изучения в городе Новочеркасске

Из общего числа изученных хвойных растений 867 экземпляров произрастают в зоне с усиленной антропогенной нагрузкой. Наиболее часто встречаемый вид – *Pinus pallasiana* (429 экземпляров), *Thuja occidentalis* (175), *Pinus sylvestris* (91). Распределение общего количества хвойных рас-

тений, произрастающих в зоне усиленной нагрузки, представлено на рисунке 2.

В зоне средней антропогенной нагрузки произрастают 300 экземпляров древесно-кустарниковых форм хвойных. В наибольшем количестве было подсчитано и изучено *Picea pungens* (118), *Pinus pallasiana* (92). Распреде-

ление общего количества хвойных растений в данной зоне представлено на рисунке 3.

В зоне умеренной антропогенной нагрузки было подсчитано и изучено 309 дре-

весно-кустарниковых форм хвойных (рис. 4), наибольшую часть из которых составляют *Pinus sylvestris* (221), *Pinus pallasiana* (130), *Picea pungens* (117).

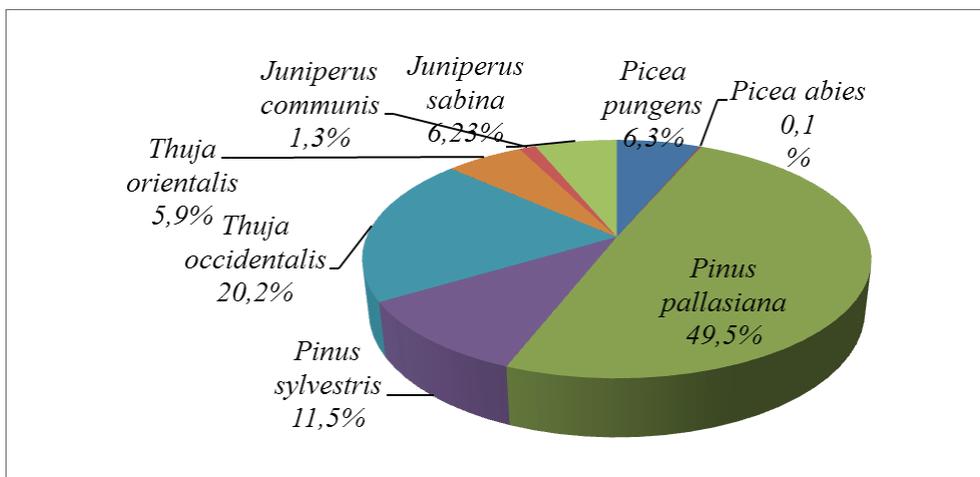


Рис. 2. Распределение общего количества хвойных растений в зоне усиленной нагрузки

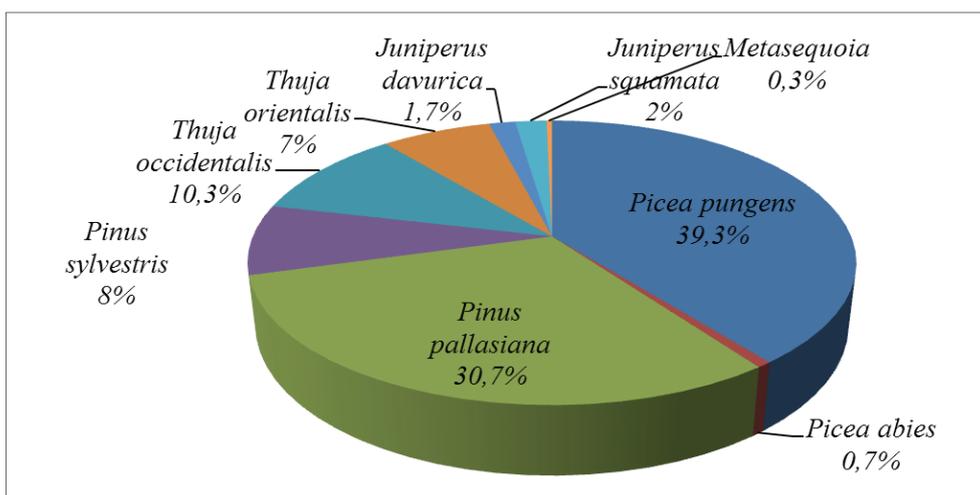


Рис. 3. Распределение общего количества хвойных растений в зоне средней нагрузки

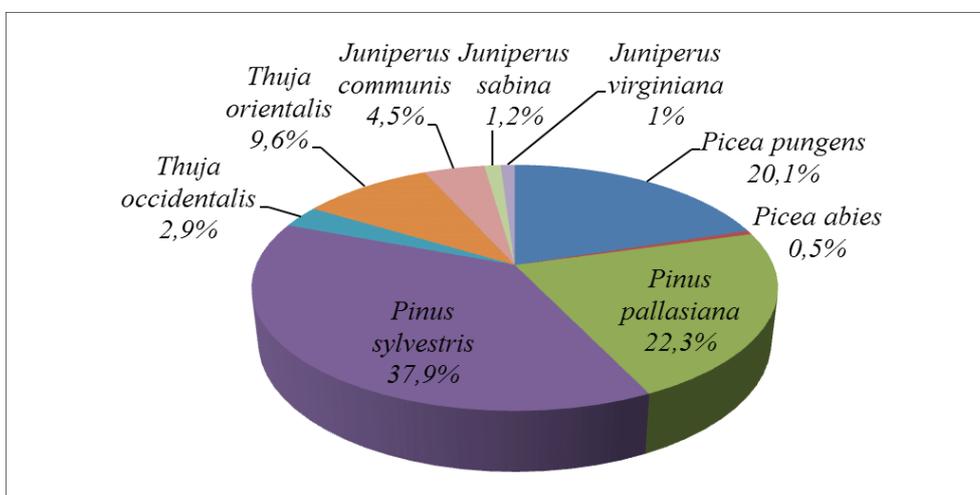


Рис. 4. Распределение общего количества хвойных растений в зоне с умеренной нагрузкой

Наиболее распространенными видами хвойных растений в системе озеленения агломерации «город Новочеркасск» независимо от антропогенной нагрузки стали *Pinus sylvestris*, *Pinus pallasiana*, *Picea pungens* [9].

В зоне усиленной антропогенной нагрузки 48% древесно-кустарниковых хвойных растений относятся к сильно ослабленным, 27% – ослабленным, 17% – усыхающим, 7,5% – без признаков ослабления, 0,5% – сухостой текущего года. Большинство сильно ослабленных деревьев имеют механические повреждения, незначительное заселение стволовыми вредителями, искривление ствола, единично диагностируются дупла как следствие опилочки или облома ветвей. Хвоя – бледно-зеленая, с пожелтевшими кончиками. В зоне среднего загрязнения 30% хвойных относятся к ослабленным, 28% – к усыхающим, 21% – без признаков ослабления, 20% – сильно ослабленным, 1% – сухостой текущего года. Наибольший стресс хвойные растения испытывают в скверах, расположенных вблизи автодорог. Здесь наблюдаются повреждения и искривление ствола, облом и усыхание верхушек, имеются признаки заселения стволовыми вредителями. Хвоя желтоватая или желто-зеленая, осыпается при прикосновении, особенно у нижних ветвей. В зоне умеренной антропогенной нагрузки 35% хвойных относятся к ослабленным, 26% – к усыхающим, 25% – без признаков ослабления, 14% – сильно ослабленные, сухостоя не выявлено. У единичных экземпляров наблюдалось местное повреждение ствола и усыхание отдельных ветвей. У кустарниковых форм – повреждение отдельных корневых лап, облом ветвей.

Хвойные растения в агломерации «Новочеркасск» формируют и поддерживают экологический каркас. Несмотря на усиливающийся антропогенный прессинг, они сохраняют свои средозащитные и эстетические функции. Практически отсутствуют сухостойные деревья в посадках, возраст которых составляет более 10 лет, единично встречается сухостой текущего года хвойных деревьев, и только во вновь созданных насаждениях, что говорит о несоблюдении технологии посадок и уходовых работ.

Почвы на территории Новочеркасска представлены черноземом обыкновенным. В зонах средней и усиленной антропогенной

нагрузки почвы преобразованы в урбаноземы с сильными загрязнениями ТБО [11].

Полевая влажность почв колеблется от 10,5% до 31,6%. Минимальная влажность почв установлена на территории улиц и проспектов. Она составляет 10,5%, а максимальное значение равно – 23,8%. Большим процентом влажности обладают почвы в скверах (19,3-24,3%), в парках (21,8%-31,6%), в то время как влажность, являющаяся благоприятной для жизнедеятельности растений, составляет более 60% от полной полевой влагоемкости [3].

Одним из важных факторов почвенных условий является наличие солей. Засоление приводит к созданию в почве низкого водного потенциала, поэтому поступление воды в растение сильно затруднено. Важнейшей стороной вредного влияния солей является также нарушение процессов обмена. Повышенная концентрация солей, особенно хлористых, может действовать как разобщитель процессов окисления и фосфорилирования, тем самым нарушать снабжение растений макроэргическими фосфорными соединениями. Под влиянием солей происходят нарушения ультраструктуры клеток, в частности, изменения в структуре хлоропластов. Вредное влияние высокой концентрации солей связано с повреждением поверхностных слоев цитоплазмы, вследствие чего возрастает ее проницаемость, теряется способность к избирательному накоплению веществ [3].

По результатам исследований содержание солей колеблется от 0,2 до 0,7%. Процент содержания солей в почвенных образцах, отобранных на территории проспектов и улиц, составляет 0,2-0,3%, в парках – 0,3 до 0,4%, в скверах – 0,2-0,7%. Степень засоления – слабозасоленные, тип засоления – хлоридный.

Требования к рН почвенного раствора вырабатывались у древесных пород под влиянием их эволюции. Рост и развитие вида зависят от рН почвенного раствора [3]. Кислотность исследованных почв колеблется от 6,75 до 7,8 рН. Минимальная кислотность почв обнаружена на территории парков. Она составляет 6,7 рН, а максимальное значение в этой зоне – 7,5 рН, почвы нейтральные. Большим показателем кислотности обладают почвы на территории улиц и проспектов – 7,8 рН, почвы щелочные.

Гумус является органическим веществом почвы, которое образуется в резуль-

тате разложения растительных и животных остатков, а также продуктов жизнедеятельности организмов и синтеза гумусовых органических веществ микроорганизмами [3]. Результаты определения содержания гумуса представлены в таблице.

По результатам исследования почвенных проб, взятых с территории улиц, проспектов, можно сделать выводы о том, что содержание гумуса колеблется от 4,9%

до 7,7%, почвы средне- и малогумусные. Преобладают малогумусные почвы, составляющие 67% почв от общего количества. На среднегумусные почвы приходится 33%. На территории скверов почвы также средне- и малогумусные. Процентное соотношение равно. Содержание гумуса составляет от 5,7% до 7,6%. Почвы среднегумусные. Содержание гумуса – от 6,2% до 7,5%. Почвы, отобранные в парках, – среднегумусные.

Таблица

Результаты определения содержания гумуса

Зона	№ пп.	K_1	K_2	$K_{cp.}$	а, мг	н, мг	С, %	Гумус, %	Вид
I	10	2,058	1,453	1,755	6,77	200	3,385	5,84	малогумусные
I	12	2,33	2,391	2,360	9,01	200	4,505	7,77	среднегумусные
I	13	1,772	1,83	1,801	6,9	200	3,45	5,95	малогумусные
I	14	1,448	2,404	1,926	7,3	200	3,65	6,29	среднегумусные
I	17	1,609	1,447	1,528	5,7	200	2,85	4,91	малогумусные
I	18	1,416	1,848	1,632	6,2	200	3,1	5,34	малогумусные
II	1	2,318	2,335	2,326	8,7	200	4,35	7,50	среднегумусные
II	2	1,683	1,725	1,704	6,52	200	3,26	5,62	малогумусные
II	3	2,43	1,925	2,177	8,3	200	4,15	7,15	среднегумусные
II	5	1,902	1,591	1,746	6,75	200	3,375	5,82	малогумусные
II	6	2,284	2,46	2,372	8,85	200	4,425	7,63	среднегумусные
II	7	2,082	1,684	1,883	7,2	200	3,6	6,21	среднегумусные
II	8	1,738	1,784	1,761	6,7	200	3,35	5,78	малогумусные
II	11	1,683	1,664	1,673	6,35	200	3,175	5,47	малогумусные
III	4	2,023	2,344	2,183	8,4	200	4,2	7,24	среднегумусные
III	9	1,863	2,118	1,990	7,5	200	3,75	6,47	среднегумусные
III	15	2,431	2,266	2,348	8,75	200	4,375	7,54	среднегумусные
III	16	1,956	1,873	1,914	7,25	200	3,625	6,25	среднегумусные

Примечание. № пп. – порядковый номер пробной площади; K_1 – величина светопоглощения образцов № 1; K_2 – величина светопоглощения образцов № 2; $K_{cp.}$ – средняя величина светопоглощения образцов; а – содержание углерода, найденное по графику, мг; н – навеска почвы, мг; С – содержание углерода, %; гумус – содержание гумуса в почве, %.

Выводы

Рост и развитие хвойных, произрастающих на территории агломерации «Город Новочеркасск», во многом зависит от эдафических условий. Хвойные, растущие в зоне умеренного загрязнения, располагают более благоприятными условиями роста, так как почва имеет более высокий процент влажности и большее содержание гумуса.

Количество хвойных растений, отнесенных к первой категории состояния (без признаков ослабления), составляет 25% от общего числа растений, сухостой отсутствует.

Почвы с сильной и средней антропогенной нагрузкой преобразованы в urba-

ноземы. В зоне среднего загрязнения хвойных видов, не имеющих ослаблений, – 21%, а в зоне с усиленной нагрузкой – 7,5%. Сухостой в этих зонах присутствует единично.

Несоблюдение технологии подготовки почв перед посадкой приводит к гибели хвойных растений в 1-2 года.

Библиографический список

1. Владимиров В.В., Микулина Е.М., Яргина З.Н. Город и ландшафт: проблемы, конструктивные задачи и решения. – М.: Мысль, 1986. – 238 с.
2. Барахтенова Л.А., Николаевский В.С. Влияние сернистого газа на фотосинтез растений. – Новосибирск: Наука, 1988. – 85 с.

3. Кулыгин А.А., Ревяко И.В. Экологические и мелиоративные свойства древесных и кустарниковых пород: Учебное пособие. – Новочеркасск: Изд-во НИМИ, 1985. – 71 с.

4. Гусев Н.Н. Справочник лесоустроителя. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – 328 с.

5. Полуэктов Е.В., Дутова А.В., Кундрюкова Т.С. Анализ почв: Лабораторный практикум по изучению физических и агрохимических свойств почв. – Новочеркасск: Новочеркасская государственная мелиоративная академия, 2013. – 70 с.

6. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. (<http://docs.cntd.ru/document/1200012800>. Дата обращения – 27.10.2016 г.)

7. Мальхотра С.С., Хан А.А. Биохимическое и физиологическое действие приоритетных загрязняющих веществ // Загрязнение воздуха и жизнь растений. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – С. 144-189.

8. Седых С.А., Иванисова Н.В., Куринская Л.В. Средозащитная роль хвойных растений в урбо-экосистемах степной зоны // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2015. – № 3. – С. 85-86.

9. Седых С.А., Иванисова Н.В., Куринская Л.В. Видовое разнообразие хвойных растений в озеленении урбандиапазона // Современные научные исследования: исторический опыт и инновации: Сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Краснодар: ИМСИТ, 2016. – С. 180-183.

10. Седых С.А., Иванисова Н.В., Куринская Л.В., Зеленьков Д.П. Ecological education and ecological culture of the population: materials of the IV international scientific conference on February 25-26, 2016. – Prague: Vědecko vydavatelské centrum «Sociosféra-CZ», 2016. – С. 108-111.

11. Электронный ресурс: Природные условия Новочеркаска http://novocherkassk.net/wiki/novo-2005/prirodnye-usloviya_novocherkasska/

Материал поступил в редакцию 18.10.2016 г.

Сведения об авторах

Седых Светлана Александровна, магистр, Инженерно-мелиоративный институт ФГБОУ ВО «ДОНГАУ»; 346429, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111; тел.: 89287594610; e-mail: svetulkasedyh@mail.ru

Иванисова Надежда Викторовна, кандидат биологических наук, доцент, Инженерно-мелиоративный институт ФГБОУ ВО «ДОНГАУ»; 346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111; тел.: 89094340435; e-mail: nadya80y@mail.ru

Куринская Любовь Викторовна, кандидат биологических наук, доцент, Инженерно-мелиоративный институт ФГБОУ ВО «ДОНГАУ»; 346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111; тел.: 89604553211; e-mail: lyubov.kurinskaya@mail.ru

Семёнов Денис Владиславович, магистр, Инженерно-мелиоративный институт ФГБОУ ВО «ДОНГАУ»; 346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111; тел.: 89281988494; email: kuz9676@yandex.ru

Зеленьков Дмитрий Петрович, магистр, Инженерно-мелиоративный институт ФГБОУ ВО «ДОНГАУ»; 346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111; тел.: 89287594610, e-mail: demonzelen334@gmail.com

S.A. SEDYKH, N.V. IVANISOVA, L.V. KURINSKAYA, D.V. SEMENOV, D.P. ZELENJKOV

The Novocherkassk engineering – reclamation institute named after A.K. Kortunov – branch of the Federal state budget educational institution of higher education «Donskoy state agrarian university», Novocherkassk, Russia

EDAPHIC CONDITIONS OF CONIFEROUS PLANTS GROWTH IN THE TERRITORY OF THE CITY OF NOVOCHERKASSK

The ability to perform environmental functions by plants in urban areas depends directly on their life condition. Healthier and well-developed plants are always more capable to have a positive impact on the urban environment. Coniferous plants are most attractive for formation of the green plantation system under the conditions of urban landscapes. The living state of plants depends on various factors of growth and development. One of the factors is edaphic conditions as soil is a source of power, moisture and biological stability. For studying coniferous plants on the territory of the agglomeration «a city of Novocherkassk» in the detailed recalculation there were calculated and studied 1750 copies of tree and shrub forms, laid 50 soil profiles. Conifers that grow in a zone of temperate pollution have a more favorable growth condition as the soil

has a higher percentage of moisture, aeration and humus content. Number of plants assigned to the first category (without signs of weakening) constitutes 25% of the total number in the given zone, deadwood is not found. Soils from areas with a strong and moderate anthropogenic load are converted into a manmade urban soil with violation of the structure and minimal humus content. The living condition of coniferous plants under such unfavorable edaphic conditions is stressful.

Agglomeration, coniferous, anthropogenic load, contamination zone, edaphic conditions, humus, soil moisture, granulometric composition, soil acidity, category of condition.

References

1. Vladimirov V.V., Mikulina E.M., Yargina Z.N. Gorod I landshaft: probem, constructivnye zadachi I resheniya. – M.: Myslj, 1986. – 238 s.
2. Barakhtenova L.A., Nikolaevsky V.S. Vliyaniye sernistogo gaza na fotosintez rastenij. – Novosibirsk: Nauka, 1988. – 85 s.
3. Kulygin A.A., Revyako I.V. Ecologicjeskie I meliorativnye svoistva drevesnyh I kustarnikovyh porod: Uchebnoye posobie. – Novocherkassk: Izd-vo NIMI, 1985. – 71 s.
4. Gusev N.N. Spravochnik lesoustroitelya. – M.: VNIILM, 2004. – 328 s.
5. Poluektov E.V., Dutova A.V., Kundryukova T.S. Analiz pochv: laboratornyy praktikum po izucheniyu fizicheskikh I agrokhimicheskikh svoistv pochv. – Novocherkassk: Novocherkasskaya gosudarstvennaya meliorativnaya akademiya, 2013. – 70 s.
6. GOST 17.4.3.01-83. Okhrana prirody. Pochvy. Obschchiye trebovaniya k otboru prob. (<http://docs.cntd.ru/document/1200012800>). Data obrashcheniya – 27.10.2016 g.)
7. Maljkhotra S.S., Khan A.A. Biochimicheskoe I fiziologicheskoe dejstvie prioritetnyh zagryaznyayushchih veshchestv // Zagryaznenie vozduha i zhiznj rastenij. – L.: Hydrometeoizdat, 1989. – S. 144-189.
8. Sedykh S.A., Ivanisova N.V., Kurinskaya L.V. Sredozashchitnaya rolj khvojnyh rastenij v urbo-ecosystemah stepnoj zony // Sovremennye tendentsii razvitiya nauki i tehnologij. – 2015. – № 3. – S. 85-86.
9. Sedykh S.A., Ivanisova N.V., Kurinskaya L.V. Vidovoye raznoobrazie hvojnyh rastenij v ozelenenii urbolandshaftov // Sovremennye nauchnye issledovaniya: istorichesky opyt I innovatsii: Sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-practicheskoy konferentsii. – Krasnodar: IMSIT, 2016. – S. 180-183.
10. Sedykh S.A., Ivanisova N.V., Kurinskaya L.V., Zelenjov D.P. Ecological educa-

tion and ecological culture of the population: materials of the IV international scientific conference on February 25-26, 2016. – Prague: Vědecko vydavatelské centrum «Sociosféra-CZ», 2016. – C. 108-111.

11. Electronnyy resurs: Prirodnye usloviya Novochoerkasska http://novocherkassk.net/wiki/novo-2005/prirodnye-usloviya_novocherkasska/

The material was received at the editorial office
18.10.2016

Information about the authors

Sedyh Svetlana Aleksandrovna, master, Engineering-reclamation institute FSBEI HE «DONGAU»; 346429, Rostovskaya region, Novocherkassk, ul. Pushkinskaya, 111; tel.: 89287594610; e-mail: svetulkasedyh@mail.ru

Ivanisova Nadezhda Victorovna, candidate of biological sciences, associate professor, Engineering-reclamation institute FSBEI HE «DONGAU»; 346429, Rostovskaya region, Novocherkassk, ul. Pushkinskaya, 111; tel.: 89287594610; e-mail: nadya80y@mail.ru

Kurinskaya Lubov Victorovna, candidate of biological sciences, associate professor, Engineering-reclamation institute FSBEI HE «DONGAU»; 346429, Rostovskaya region, Novocherkassk, ul. Pushkinskaya, 111; tel.: 89604553211; e-mail: lyubov.kurinskay@mail.ru

Semenov Dmitriy Petrovich, master, Engineering-reclamation institute FSBEI HE «DONGAU»; 346429, Rostovskaya region, Novocherkassk, ul. Pushkinskaya, 111; tel.: 89281988494; email: kuz9676@yandex.ru

Zelenjov Dmitriy Petrovich, master, Engineering-reclamation institute FSBEI HE «DONGAU»; 346429, Rostovskaya region, Novocherkassk, ul. Pushkinskaya, 111; tel.: 89287594610, e-mail: demonzelen334@gmail.com

06.04.00 Рыбное хозяйство

УДК 502/504:639.3.043:636.087.8

А.С. ПЫРСИКОВ, В.А. ВЛАСОВФедеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва**А.О. РЕВЯКИН**ФГБУН «Научный центр биомедицинских технологий Федерального медико-биологического агентства»,
Красногорский р-н, Московская область**ВЫРАЩИВАНИЕ НИЛЬСКОЙ ТИЛЯПИИ (*O. NILOTICUS*)
НА КОМБИКОРМЕ С ДОБАВКОЙ «МЕТАБОЛИТ ПЛЮС»**

*Перспективным направлением развития пресноводной аквакультуры является промышленное рыбоводство. Новым объектом отечественного индустриального рыбоводства является тилапия. Целью исследования является определение эффективности биологически активной добавки (БАД) «Метаболит плюс» при выращивании товарной рыбы на примере нильской тилапии (*O. niloticus*). «Метаболит плюс» представляет собой сухой препарат на основе автолизата сахаромицетов. В данной работе отражен проведённый анализ влияния различного количества БАД «Метаболит плюс» на рост и развитие нильской тилапии, определено оптимальное количество добавки, необходимое для введения в комбикорм при кормлении рыбы. Установлено, что при использовании БАД в кормлении тилапии получен положительный рыбоводный эффект. Введение добавки в количестве 3% в основной рацион позволило увеличить общий прирост массы рыб на 12,1% и снизить затраты корма на 16,3%, что обуславливает существенное снижение себестоимости выращенной рыбы. Полученная товарная рыба отличалась лучшими технологическими показателями. Тилапия, выращиваемая на рационах с биологической добавкой, имела более низкое содержание жира по сравнению с контролем, что свидетельствует о лучшей сбалансированности рациона и хорошем энергообмене у этих рыб. Значительные изменения некоторых биохимических показателей крови нильской тилапии позволяют говорить о положительном влиянии биологически активной добавки «Метаболит плюс» на физиологическое состояние организма рыбы.*

Нильская тилапия, биологически активная добавка, «Метаболит плюс», рост, экстерьерные признаки, интрьерные показатели, кровь.

Введение. Рыбное хозяйство России – многопрофильная отрасль, призванная обеспечить потребность населения в пищевой рыбной продукции, а также различные хозяйственные отрасли в необходимом сырье. Повышения эффективности рыбоводства можно достичь путем интенсификации производства, а также введения в культуру новых объектов аквакультуры с быстрым ростом. Это позволит получать товарную продукцию в сокращенные сроки при меньших затратах труда и материальных средств. К 2020 г. планируется довести объём выращивания продукции аквакультуры до 315 тыс. т, а объём реализации живой и охлаждённой продукции аквакультуры – до 197,7 тыс. т.

Тилапия – род пресноводных рыб семейства цихлид, включающий в себя более 100 видов, распространённых в тропиках (Африка, Ближний Восток).

Перспективным направлением пресноводной аквакультуры является индустриальное рыбоводство, одним из основных представителей рыб, выращиваемых в нём, является нильская тилапия.

Наибольший интерес для индустриального рыбоводства представляют тилапии, относящиеся к роду ореохромис (*Oreochromis Gunter*), включающему в себя 15 видов и 18 подвидов. Быстрое распространение тилапии в мировой аквакультуре и существенное увеличение её производства

связаны с рядом ценных биологических особенностей и хозяйственно полезных качеств, которыми обладают эти рыбы [1].

На территорию нашей страны нильская тилапия (рис. 1, 2) была завезена из Республики Куба в 1986 г. Еще во время СССР проводились детальные исследования по возможности выращивания этой рыбы на территории страны в искусственных и естественных водоёмах, тогда же были проработаны рекомендации и методические указания по возможности воспроизводства этой рыбы. Также проведены расчеты по пригодности возможных площадей для тилапии. По приблизительным данным, оценка показала, что имеется примерно до 1 млн га водных площадей [2].



Рис. 1. Самец нильской тилапии (*O. niloticus*)



Рис. 2. Самка нильской тилапии (*O. niloticus*)

В России, с учетом тропического происхождения, наряду с другими рыбами тилапия выращивается на территории всей страны включая Дальний Восток и Сибирь, где она содержится в садках на сбросных каналах, охладительных бассейнах АЭС, ГРЭС, геотермальных водах и установках замкнутого водоснабжения, в местах, обеспе-

ченных постоянными источниками тёплой воды. Для получения экологически чистой продукции необходимо тщательно следить за рационом тилапии и избегать попаданий в него различных химических веществ. Цена одного оптового килограмма мяса тилапии сильно варьируется: от 173 до 290 руб. [3].

Следует отметить, что тилапии являются не только перспективным объектом аквакультуры, но и в силу ряда особенностей биологии служат прекрасным модельным объектом для экспериментальных исследований.

Тилапии относятся к рыбам с непрерывным типом размножения, и при наличии оптимальных условий содержания нерест у них проходит регулярно с интервалом 45-60 сут. Раннее половое созревание (3-7 мес.), а также возможность круглогодичного получения потомства при культивировании в условиях рециркуляционных систем сделали тилапию незаменимой при изучении влияния различных экстремальных воздействий на гаметогенез, рост, развитие и выживаемость рыбы.

При выращивании тилапии необходимо использовать хорошо усваиваемый комбикорм. В этих целях в последние годы в животноводстве используют биологически активные добавки (БАД), способствующие лучшему усвоению корма и улучшению физиологического состояния рыб. Одним из таких является БАД «Метаболит плюс», представляющий собой мощный регулятор обменных процессов в организме, состоящий из природного сырья, созданного эволюцией микромира. В состав БАД «Метаболит плюс» входят комплекс витаминов, макро- и микроэлементы, являющиеся кофакторами ферментов, а также группа незаменимых аминокислот [4]. Исследования с применением препарата показали хорошие результаты, которые проявились в повышении жизнеспособности животных при неблагоприятных условиях содержания, стимуляции роста и развития, морфологических и экстерьерных признаках [5].

В условиях постоянного повышения цен на импортные комбикорма и недостаточную эффективность отечественных кормов нами поставлена цель увеличить эффективность использования отечественных комбикормов за счёт введения в них БАД «Метаболит плюс» и улучшить возможности выращивания нильской тилапии на этих комбикормах.

Материал и методы исследований.

Исследования проводились на базе лаборатории прудового рыбоводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Объектом исследования послужила молодь нильской тилапии со средней начальной массой 50 г. Молодь была получена в условиях лаборатории прудового рыбоводства. Нильскую тилапию по вариантам опыта выращивали при одинаковой плотности посадки в течение 60 сут. В период опыта условия среды выращивания поддерживались на одинаковом уровне в течение всего времени. Из молоди нильской тилапии были сформированы 4 одинаковые по массе и числу представители группы. При этом через каждые 10 дней с момента запуска тилапии в бассейны проводились бонитировки и контрольные взвешивания. Кормление рыбы осуществлялось вручную 2 раза в сутки. Для кормления ти-

ляпии использовался высокопротеиновый отечественный комбикорм марки АК-1ФП. Характеристику телосложения тилапий и их интерьерные показатели устанавливали на основании индексов. Биохимические исследования сыворотки крови проводили на автоматическом анализаторе ChemWell Awareness Technology, с использованием реактивов VITAL. Относительную скорость роста, расчёты среднесуточных приростов и затраты корма определяли по общепринятым в рыбоводстве методам. Цифровой материал исследований подвергнут статистической обработке.

Результаты и обсуждение. По окончании опыта для оценки эффективности влияния БАД «Метаболит плюс» на организм нильской тилапии в искусственных условиях были получены рыбоводные результаты, отраженные в таблице.

Таблица 1

Рыбоводные результаты опыта

Показатели	Вариант опыта			
	Вариант 1 (контроль)	Вариант 2 (1% БАД)	Вариант 3 (3% БАД)	Вариант 4 (5% БАД)
Начальная индивидуальная масса рыб, г	48,60±3,63	48,75±3,94	48,21±4,47	47,93± 4,04
Конечная индивидуальная масса рыб, г	143,43±4,69	145,31±4.43	160,85±3,91*	146,06±5,75
Общий прирост массы рыб, г	2844,9	2896,8	3379,4*	2943,9
Индивидуальный прирост массы рыб, г	94,83	96,56	112,64*	98,13
Среднесуточный прирост, г/сут.	1,58	1,60	1,87*	1,63
Относительная скорость роста, %	98,76	99,51	107,75	101,17
Скормлено корма, кг	4,36	4,40	4,33	4,32
Затраты корма, кг/кг	1,53	1,51	1,28	1,46

*Различия достоверны при $p < 0,05$.

Оценивая данные таблицы 1, можно отметить, что наилучшими результатами по всем основным пунктам являются конечная индивидуальная масса, общий прирост массы рыб, индивидуальный прирост массы и среднесуточный прирост, полученные в 3-й опытной группе с 3% БАД; 2-е место показала 4 группа, в которой добавка БАД составила 5%; 3-е место – у 2-й группы с добавлением 1% БАД к основному рациону питания; 4-й результат получен в контрольной группе. Разница в 3-й группе по конечной индивидуальной массе больше по сравнению

с контрольной на 12,1% (разность достоверна при $p < 0,05$). Разница во второй группе больше по сравнению с 1 на 1,3%, а в 4 группе – больше по сравнению с 1 на 1,8%, результаты во 2-й и 4-й группах недостоверны. По показателю прироста индивидуальной массы 3-я группа превосходит контрольную на 18,7%, а по среднесуточному приросту – на 18,35%. Во 2-й группе среднесуточный прирост больше на 1,89%, а в 4-й – на 3,16% выше контроля.

Показатель затрат корма является одним из самых важных рыбоводческих

показателей. Так, показатель затрат корма значительно лучше в 3-й группе и составляет 1,28 кг корма на кг прироста, что лучше по сравнению с контрольной группой на 16,3%, затраты корма во 2-й группе меньше 1-й на 1,3%. В 4-й группе конечный результат затрат корма на 4,5% ниже контроля, что даёт практически такой же результат, как в 1-й и 2-й группах, но значительно увеличивает объём добавки. Кормовой коэффициент соответствует значению такового при индустриальном способе выращивания.

Особый интерес представляют данные по изменению некоторых морфометриче-

ских показателей теляпии в зависимости от качества потребляемого рациона. Специфика обработки морфометрического материала рыб подразумевает расчёты индексов телосложения на основе абсолютных показателей. Полученные индексы позволяют провести анализ изменений экстерьерных и интерьерных показателей рыб. Для оценки влияния БАД «Метаболит плюс» на размеры тела и внутренних органов проведена оценка изменения экстерьерно-интерьерных показателей 3-х групп по сравнению с контрольной. Результаты биометрической обработки наиболее важных показателей приведены в таблице 2.

Таблица 2

Экстерьерно-интерьерная характеристика теляпии, потреблявших корм с добавкой БАД

Показатели	1 группа (контроль)	2 группа (1% добавки)	3 группа (3% добавки)	4 группа (5% добавки)
Индекс малой длины тела, %	82,89±0,49	85,38±2,10	83,93±1,06	80,49±0,88*
Индекс длины тушки, %	57,99±0,42	59,09±2,04	57,30±0,75	57,21±0,95
Индекс длины головы, %	24,89±0,66	26,28±0,73	26,63±0,46	23,27±0,19
Индекс высоты тела, %	29,40±0,62	32,10±1,05	31,26±0,88	29,58±0,18
Индекс обхвата тела, % (компактности)	70,51±2,29	75,30±1,83	75,07±2,46	72,92±1,07
Индекс прогонистости	3,40±0,07	3,21±0,10	3,20±0,08	3,39±0,01
Индекс длины кишечника, раз	5,92±0,65	7,20±0,79	6,97±1,51	5,67±0,69
Тушка, %	56,71±1,11	56,58±0,72	56,45±1,34	57,08±1,04
Кишечник	3,16±0,12	3,34±0,63	3,64±0,78	3,80±0,50
Желудок	0,50±0,06	0,65±0,18	0,69±0,15	0,64±0,02
Сердце	0,12±0,01	0,11±0,003	0,15±0,01	0,11±0,008
Селезёнка	0,57±0,11	0,58±0,17	0,62±0,08	0,61±0,20
Печень	0,95±0,29	0,65±0,16	0,81±0,32	0,54±0,16
Мышцы	40,16±1,43	39,61±1,29	40,62±1,43	38,72±2,16
Гонады	2,34±0,78	1,25±1,09**	0,75±0,51***	0,46±0,16***
Внутренний жир	1,36±0,25	0,45±0,11***	0,56±0,30***	0,39±0,10***

*Различия достоверны при $p < 0,05$.

**При $p < 0,01$.

***При $p < 0,001$.

Экстерьерно-интерьерные показатели рыб по вариантам опыта колеблются. Так, индекс малой длины тела имеет лучшие результаты в 4-й группе и составляет 80,5%, что на 2,9% меньше в сравнении с контролем, результат достоверен ($p < 0,05$), что свидетельствует о лучшем развитии экстерьера теляпий, а следовательно, обуславливает увеличение выхода съедобных частей.

Индекс длины головы имеет наименьшее значение в 4-й группе, что можно объяснить большей массой и размерами

рыб этой группы, так как размер головы уменьшается с увеличением общей живой массы.

Рассмотрены такие параметры, как индекс длины кишечника, массы кишечника, желудка, сердца, селезенки, печени, жабры, плавники, кожа с чешуёй, скелет, желчный пузырь, их значения находятся в референтных значениях. Увеличение их размеров и массы в большинстве вариантов происходит с увеличением живой массы рыб. Наиболее важными из рассмотренных

параметров в индустриальном рыбоводстве является масса внутреннего жира и гонады.

Из данных по внутреннему жиру видим, что наибольшее его содержание в контрольной группе – 1,4% а наименьшее – в 5-й группе (0,4%), результат достоверен ($p < 0,001$), 2-я и 3-я группы также показали положительные достоверные результаты по сравнению с контролем. Это объясняется тем, что рыбы 1-й группы склонны к жироскоплению сильнее, чем рыбы из 2-й, 3-й и 4-й групп, так как их рацион менее сбалансирован и энергообмен у тилапий в 1-й группе замедлен [6].

Степень развития гонад является одним из наиболее важных показателей в рыбоводстве. Известен факт, что при усиленном росте половых продуктов или вынашивании самкой потомства вся внутренняя энергия направляется на развитие икры или на поддержание жизни. В это время рост рыбы прекращается, а увеличение сроков полового созревания позволяет удлинить период выращивания в товарном рыбоводстве, следовательно, затрачиваемые корма идут на увеличение массы рыбы, а не на развитие половых продуктов.

Проведя оценку степени развития гонад, выявили, что наибольшая развитость половых продуктов соответствовала контрольной группе – 2,34% от живой массы, а наименьшая – в 4-й группе (0,5%) (результаты достоверны при $p < 0,001$). Во 2-й и 3-й группах также отмечены достоверные различия, равные 1,25% и 0,75% соответственно. Данные результаты позволяют увеличить период выращивания 4-й группы без затрат корма на развитие половых продуктов.

Подведя итог, можно отметить, что по всем показателям наилучший результат отмечен в 4-й группе, особенно по внутреннему жиру и степени развитости половых продуктов. Биологически активную добавку «Метаболит плюс» для лучшего эффекта целесообразно вносить в рацион в объеме 3-5% от массы корма. Однако возможно внесение и 1% препарата для увеличения сроков полового созревания и снижения накопления внутреннего жира.

Биохимические показатели крови являются важными биомаркерами, позволяющими оценивать физиологическое состояние рыб. В современном рыбоводстве и аквакультуре уделяется огромное значение биохимическим показателям крови, особен-

но при ведении селекционных мероприятий. Достоверный анализ динамики этих параметров позволяет представить четкую картину всего происходящего с животным. В частности, он даёт оценку адаптационных возможностей, позволяет охарактеризовать устойчивость тилапии к воздействию различных экологических факторов и позволяет дать оценку экологии водной среды [7, 8].

Исследования в области кормления рыб показывают, что даже кратковременное полноценное кормление обуславливает значительные изменения в показателях крови рыб. При использовании сбалансированных кормов получают оптимальные показатели. На уровень содержания биохимических показателей крови рыб в отличие от теплокровных животных влияют гораздо больше как внутренние (вид, пол, живая масса, состояние половых продуктов, возраст), так и внешние (время года, двигательная активность, гидрохимия воды, кормление) факторы. Стоит учитывать, что обмен и вывод веществ у рыб осуществляются не только почками и кожным покровом, как у других животных, но и существенную роль играет жаберный аппарат. Все вышеперечисленные факторы приводят к тому, что разброс референтных значений биохимических показателей у рыб гораздо больше, а отклонения от нормы могут быть значительно выше, чем у теплокровных животных, с поправками на условия внешней и внутренней среды [9].

Потребление тилапией добавки оказало существенное влияние на некоторые биохимические показатели крови рыб (табл. 3). Уровень и стабильность показателей крови сильно варьируются в зависимости от массы и возраста рыб, так как с возрастом происходит нормализация метаболических процессов в организме и отклонения становятся менее значительными.

Установлена закономерность того, что с увеличением возраста рыб значительно увеличивается уровень глюкозы, общего белка, холестерина и фосфора в крови [10].

Аланинаминотрансфераза (АЛТ) – фермент печени, участвующий в обмене аминокислот. Высвобождение АЛТ в кровь происходит при нарушениях внутренней структуры гепатоцитов и повышении проницаемости клеточных мембран. В связи с этим АЛТ считается индикаторным ферментом нарушений функций печени любой природы. В нашем случае содержание АЛТ в сыворотке крови у рыб 3-й и 4-й групп выше,

чем в контроле, на 49,4% и 62,9% соответственно (результаты достоверны при $p < 0,05$). Учитывая, что активность АЛТ очень «чувствительна» к качеству белка, можно предположить, что низкая активность ферментов трансаминирования у рыб контрольной группы связана с перекисными

соединениями жиров корма, которая приводит к снижению общей переваримости питательных веществ рациона, в результате чего проявляется эффект белкового дефицита и вследствие чего замедляется рост рыб, происходит снижение концентрации белка в органах.

Таблица 3

Биохимические показатели крови тилапии

Показатель	Единица измерений	1-я группа (контроль)	2-я группа опыт (+1%)	3-я группа опыт (+3%)	4-я группа опыт (+5%)
АЛТ	ед/л	44,5±6,8	63,7±11,9	66,5±8,0*	72,5±7,4*
АСТ	ед/л	3,5±0,9	3,6±0,6	2,2±0,5	1,1±0,5*
глюкоза	ммоль/л	50,6±8,2	57,0±2,2	45,6±2,1	38,0±1,1
КК (креати-за)	ед/л	3091,8±382,9	2895±442,3	2455,1±301,6	2904,8±181,8
Креатинин	мкмоль/л	8,1±3,0	10,6±1,7	22,5±1,2	11,2±0,1
ЛДГ	ед/л	2017,2±225,4	3143,0±253,6*	3360,1±1319,9	3470,3±317,5*
Лактат	мг/дл	5,6±1,3	8,8±1,2	10,5±2,1	16,4±2,9
ЩФ	ед/л	40±2,4*	20,5±3,6*	18,3±1,8*	26,5±3,5*
Альбумин	г/дл	9,4±0,7	10±0,5	10,7±1,2	10,1±0,4
Мочевина	мг/дл	12,7±2,0	11,9±2,3	10,2±1,2	9,5±0,6
Общий белок	г/дл	14,3±0,8	13,1±1,4	12,7±0,6*	13±0,5*
Триглицериды	мг/дл	37,5±1,5	37,5±10,5	58,3±7,7	60,6±10,7
Холестерин	мг/дл	86,4±5,5	96,7±12,0	64±5,7*	70,9±4,6*

*Различия достоверны при $p < 0,05$.

Аспаратаминотрансфераза (АСТ) – фермент белкового обмена в организме животных, необходимый для синтеза аминокислот, которые входят в состав тканей и клеточных мембран. При нарушении структур клеток содержащих АСТ концентрация этого фермента в крови повышается. Поэтому отклонения этого показателя от нормы говорит о патогенных процессах, происходящих в организме. Данные показатели в рыбоводстве подвержены сильным колебаниям в зависимости от вида, условий среды, питания и пола. В крови тилапии из 4-й группы содержание АЛТ ниже на 68,6%, чем в контроле.

Лактатдегидрогеназа (ЛДГ) – важный фермент, который необходим для образования молочной кислоты и окисления глюкозы. Самую высокую активность ЛДГ проявляет в почках, сердце, мозге, мускулатуре и первым делом отклонения от норм свидетельствует о повреждении прежде всего этих органов [11]. Высокое значение ЛДГ указывает на повышение метаболической активности печени, например, при изменении уровня солёности водоёма. Уровень

содержания ЛДГ в крови выше во 2-й и 4-й группах на 55,8% и 72% по отношению к контролю, что говорит о более высокой метаболической активности печени этих групп по сравнению с контролем.

Значительные изменения некоторых биохимических показателей крови тилапии позволяют говорить о положительном влиянии биологически активной добавки «Метаболит плюс» на физиологическое состояние организма рыбы.

Щелочная фосфатаза (ЩФ) относится к ферментам группы гидролаз. ЩФ необходима для проведения реакции дефосфолирования на молекулярном уровне, отщепления фосфата от органических соединений. ЩФ необходима для отложения Са в чешуе и костяной ткани [12]. Уровень щелочной фосфатазы нильской тилапии находится в пределах физиологической нормы. Меньшая концентрация замечена в группах рыб, получавших БАД, в частности, лучший результат показала 3-я группа (18,3 ед/л), что на 54,2% больше, чем в контроле. Показатель содержания ЩФ в крови рыбы говорит о повреждении клеток кишечника, печени

и костного скелета. Из уровня этого показателя можно сделать вывод о том, что БАД и комбикорм, применяемые в кормлении, полностью безопасны для тилляпии и не вызывают отрицательных изменений внутренних органов рыб.

Уровень общего белка может быть подвергнут сильным колебаниям. Этот факт обуславливается состоянием внутренней среды обитания, условиями питания, рационом и уровнем энергетического обмена. Высокий уровень белка в крови рыб говорит о питательности комбикорма и высоких возможностях роста. Уровень общего белка крови по всем группам находится в пределах нормы, что является благоприятным признаком, так как его избыток или нехватка говорили о снижении жизнеспособности рыб [13]. Более низкий уровень в 3-й группе объясняется лучшей скоростью роста рыб, так как он идёт на строение организма, а повышенный уровень белка в 1-й, 2-й и 4-й группах, возможно, обусловлен лучшей развитостью половых продуктов.

Известно, что уровень белка крови повышается в связи с большой потребностью гонад в строительном материале. Холестерин в крови рыбы, как и других животных, является одним из основополагающих факторов состояния липидного обмена в организме и служит для образования половых гормонов, входит в состав клеточных мембран. Основным производителем холестерина является печень [12]. Уровень холестерина в 3-й и 4-й группах незначительно ниже контроля (на 25,9% и на 17,9%) (разность достоверна при $p < 0,05$). Повышенный уровень холестерина в крови способствует изменению вязкости крови, что приводит к нарушению активного обмена веществ в организме.

Выводы

На основании проведённых в ходе работы исследований были определены возможности выращивания нильской тилляпии на рационе с содержанием БАД «Метаболит плюс». В результате проведённой работы получены следующие результаты.

1. Тилляпия, выращенная на рационе с БАД «Метаболит плюс» в количестве 5%, к концу опыта имела массу на 1,8% больше контроля, при внесении 3% добавки – на 12,1%, а при 1% препарата – на 1,3% больше по сравнению с рыбами в контрольной группе.

2. Введение БАД в количестве 1-5% в комбикорм даёт возможность повысить эффективность использования корма тилляпией. Так, в контрольной группе затраты корма на прирост живой массы составили 1,53 кг/кг, при введении 1% БАД затраты корма составили 1,51 кг/кг, внесение добавки в количестве 3% показало наиболее лучшие результаты и составило 1,28 кг/кг, при введении 5% добавки затраты корма составили 1,46 кг/кг.

3. Количество внутреннего жира и степень развитости половых продуктов свойственны рыбам 4-й группы (добавка – 1% препарата). Это способствует более позднему половому созреванию и снижению накопления внутреннего жира.

4. Потребление рыбой БАД «Метаболит плюс» оказало положительное влияние на некоторые показатели крови. У рыб, потреблявших БАД, в крови содержалось больше альбумина, лактатдегидрогеназы и белка. Высокая активность фермента трансаминирования (АЛТ) у рыб 2-й, 3-й и 4-й групп свидетельствует о более интенсивном обмене веществ в организме.

Библиографический список

1. Привезенцев Ю.А. Тилляпии (систематика, биология, хозяйственное использование). – М.: Столичная типография, 2008. – 79 с.
2. Привезенцев Ю.А., Боронецкая О.И., Плиева Т.Х., Богерук А.К. Методические рекомендации по выращиванию тилляпий рода *Oreochromis*. – М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2006. – 23 с.
3. Тетдоев В.В., Плиева Т.Х., Лаврентьева Н.М. Рациональное использование водных ресурсов в рыбоводстве: Учебное пособие. – М.: Издательство РГАЗУ, 2006. – 141 с.
4. Родоман В.Е., Авдошин В.П., Колесников Г.П. Заболевания предстательной железы. – М.: Медицинское информационное агентство, 2009. – 667 с.
5. Власов В.А., Пырников А.С. Использование в кормление рыб биологически активной добавки «Метаболит плюс» // Природообустройство. – 2015. – С. 112-115.
6. Беянина Т.Н., Макарова Н.В. Некоторые закономерности распределения жира в связи с созреванием гонад // Теоретические основы рыбоводства. – М.: Наука, 1965. – С. 42-45.
7. Камышников В.В. Справочник по клинико-биохимическим исследованиям и лабо-

раторной диагностике. – М.: МЕД Пресс-информ, 2004. – С. 56-60.

8. Blaxhall P.C. The hematological assessment of the health of freshwater fish: a review of selected literature Text / P.C. Blaxhall // Journ. Fish Biol. 1972. – Vol. 4. – P. 593-604.

9. Bergmeyer H.G. Methods of enzymatic analysis / H. Bergmeyer, E. Bernet – Viennein: Verlag Chemic., 1974. – P. 325-327.

10. Глинкин И.О. Биохимические маркеры сыворотки крови и белых мышц трех видов тиляпий р. *Oreochromis* // Сб. трудов «Интенсивная технология в рыбоводстве». – М.: МСХА, 1989. – С. 115-120.

11. Житенева Л.Д., Рудницкая О.А., Калэюжная Т.И. Эколого-гематологические характеристики некоторых видов рыб: Справочник. – Ростов-на-Дону, 1997. – 149 с.

12. Яржомбек А.А., Лиманский В.В., Щербинина Т.В. Справочник по физиологии рыб: Справочное издание. – М.: Агропромиздат, 1986. – 192 с.

13. Бияк В.Я., Синюк Ю.В., Курант В.З. Видовые особенности фракционного состава белков сыворотки крови пресноводных

рыб // Докл. Нац. акад. наук Украины, Тернопол. нац. пед ун-т им. В. Гнатюка, 2008. № 4. С. 189-192.

Материал поступил в редакцию 26.12.2016 г.

Сведения об авторах

Власов Валентин Алексеевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры аквакультуры и пчеловодства; ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская д. 49; тел.: (499) 976-00-09; e-mail: vvlasov@timacad.ru

Пырсигов Андрей Сергеевич, аспирант кафедры аквакультуры и пчеловодства; ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская д. 49; тел.: (499) 976-00-09; e-mail: andrey.pyrsikov@yandex.ru

Ревякин Артём Олегович, кандидат биологических наук, зав. лаб. фармакомоделирования ФГБУН ИЦБМТ ФМБА России; 143442, Московская обл., Красногорский р-н, Светлые Горы, владение 1; тел.: (495) 561-52-64; e-mail: ar_info@mail.ru

A.S. PYRSIKOV, V.A. VLASOV

Federal state budget educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev»

A.O. REVYAKIN

Federal state budget educational institution of higher education «Scientific center of biomedical technologies of the federal medical-biological agency»

GROWING OF NILE TILAPIA (*O. NILOTICUS*) ON THE COMBINED FEED WITH THE ADDITIVE «METABOLIT PLUS»

The perspective direction of development of freshwater aquaculture is industrial fish farming. A new perspective object of domestic industrial fishery is Tilapia. The aim of research is to determine the efficiency of the supplementary feed «Metabolite plus» in raising marketable fish in general with Tilapia being among the objects studied. «Metabolite Plus» is an autolysate of Saccharomyces. In this research there has been done an analysis of the impact of different amounts of the supplementary feed «Metabolite Plus» on the growth and development of Tilapia, the optimum amount of the preparation needed for feeding fish has been determined. It was found that when using dietary supplements in feeding tilapia hatchery produced a positive effect. Introduction of additives in an amount of 3% in the basal diet has increased the total fish weight gain of 12.1% and reduce feed costs by 16.3%, resulting in significant cost reduction of farmed fish. The resulting commodity fish have better technological parameters. Tilapia grown on diets with supplements had a lower fat content compared to the control, indicating a better balance between diet and good energy exchange in these fish. Significant changes of some blood biochemical parameters of Nile tilapia, suggest a positive influence of dietary supplement «Metabolite plus» on the physiological condition of the fish body.

Nile tilapia, biologically active additive, «Metabolite plus», growth, exterior features, interior indices, blood.

References

1. Privezentsev Yu.A. Tilyapii (Sistematika, biologiya, hozyajstvennoye ispoljzovanie). – М.: Stolichnaya tipografiya, 2008. – 79 s.

2. Privezentsev Yu.A., Boronetskaya O.I., Plieva T.H., Bogeruk A.K. Metodicheskie rekomendatsii po vyrashchivaniyu tilyapij roda

Oreochromis. – M.: Izdatel'stvo RGAU-MSHA, 2006. – 23 s.

3. Tetdoev V.V., Plieva T.H., Lavrentjeva N.M. Ratsional'noe ispol'zovanie vodnyh resursov v rybovodstve: Uchebnoe posobie. – M.: Izdatel'stvo RGAZU, 2006. – 141 s.

4. Rodoman V.E., Avdoshin V.P., Koleznikov G.P. Zabolevaniya predstatel'noj zhelezy. – M.: Meditsinskoye informatsionnoe agentstvo, 2009. – 667 s.

5. Vlasov V.A., Pyrsikov A.S. Ispol'zovanie v kormlenie ryb biologicheskii aktivnoy dobavki «Metabolit plus // Prirodoobustroystvo. – 2015. – S. 112-115.

6. Belyanina T.N., Makarova N.V. Nekotorye zakonomernosti raspredeleniya zhira v svyazi s sozrevaniem gonad // Teoreticheskie osnovy rybovodstva. – M.: Nauka, 1965. – S. 42-45.

7. Kamyshnikov V.V. Spravochnik po kliniko-biohimicheskim issledovaniyam I laboratornoj diagnostike. – M.: MED Press-inform, 2004. – S. 56-60.

8. Blaxhall P.C. The hematological assessment of the health of freshwater fish: a review of selected literature Text / P.C. Blaxhall // Journ. Fish Biol. 1972. – Vol. 4. – P. 593-604.

9. Bergmeyer H.G. Methods of enzymatic analysis / H. Bergmeyer, E. Bernet – Wienhein: Verlag Chemic., 1974. – P. 325-327.

10. Glinkin I.O. Biohimicheskie marker syvorotki krovi i belyh myshts treh vidov tilyapij r. Oreochromis // Sb. Trudov «Intensivnaya tehnologia v rybovodstve». – M.: MSHA, 1989. – S. 115-120.

11. Zhiteneva L.D., Rudnitskaya O. A, Kaleyuzhnaya T.I. Ecologo-gematologicheskie

haracteristiki nekotoryh vidov ryb. Spravochnik. – Rostov-na-Donu, 1997. – 149 s.

12. Ya.zhombek A.A., Limansky V.V., Sherbinina T.V. Spravochnik po fiziologii ryb: Spravochnoe izdanie. – M.: Agropromizdat, 1986. – 192 s.

13. Biyak V.Ya. Sinyuk Yu.V., Kurant V. Z Vidovye osobennosti fraktsionnogo sostava belkov syvorotki krovi presnovodnyh ryb // Dokl. Nats. Acad. Nauk Ukrainy, Ternopol. Nats. Ped. Un-t im. V. Gnatyuka, 2008. № 4. SC. 189-192.

The material was received at the editorial office
26.12.2016

Information about the authors

Vlasov Valentin Alexeevich, Алексеевич, doctor of agricultural sciences, professor of the chair of aquaculture and beekeeping; FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, d. 49; tel.: (499) 976-00-09; e-mail: vvlasov@timacad.ru

Pyrsikov Andrej Sergeevich, post graduate student of the chair of aquaculture and beekeeping; FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, d. 49; tel.: (499) 976-00-09; e-mail: andrey.pyrsikov@yandex.ru

Revyakin Artem Olegovich, candidate of biological sciences, head of the lab. Farmakomodirovaniya, FGBUNNTSBMT FMBA of Russia; 143442, Moscow region, Krasnogorsky district, Svetlye gory, vladenie 1; tel.: (495) 561-52-64; e-mail: ar_info@mail.ru

УДК 502/504:639.3

РОЙ ДУЛОН, А.П. ЗАВЬЯЛОВФедеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИКУЛЬТУРЫ
В НЕСПУСКНЫХ ВОДОЕМАХ РЕСПУБЛИКИ БАНГЛАДЕШ**

*Были исследованы три варианта поликультуры карповых рыб – карпа (*Cyprinus carpio*), роху (*Labeo rohita*), белого толстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix*), белого амура (*Steopharyngodon idella*), катли (*Catla catla*) и мригала (*Cirrhinus mrigala*) при их выращивании в условиях неспускных водоемов республики Бангладеш. В контрольной группе плотность посадки рыбы составила 1200 шт/га, в двух опытных группах – в 1,5 и 2 раза выше. Рыбу выращивали в течение 7 месяцев, в хорошо удобренных прудах. Для кормления рыбы (катли, мригала и карпа) использовали гранулированный комбикорм собственного производства при нормах кормления 3-8% от массы рыбы. Исследования показали, что увеличение плотности посадки рыбы в 1,5 и 2 раза не приводит к существенному снижению качества воды опытных прудов, выживаемости и скорости роста рыб. Рост рыб в большей степени зависел от вида, а не от варианта опыта. Быстрее всех росли белый толстолобик, белый амур и карп, наименьшая скорость роста отмечена у роху. При увеличении плотности посадки рыб значительно возрастал выход рыбопродукции (на 39-84%) и на 5-10% снижалась величина кормовых затрат.*

Бангладеш, пруды, карповые рыбы, поликультура, плотность посадки, рост, выход продукции.

Введение. Поликультура – это совместное выращивание в водоеме нескольких видов рыб, различающихся по спектру питания. Понятие поликультуры основано на концепции полного использования различных трофических ниш водоема для производства максимального количества рыбопродукции с единицы водной площади. Совместное выращивание рыб, обладающих различными спектрами питания, впервые было опробовано в Китае более 1000 лет назад. Затем эта практика распространилась по всей Юго-Восточной Азии, а также в других частях мира.

Основой современной поликультуры, как правило, служат рыбы из семейства карповые (Li and Mathias, 1994), в том числе и в зонах с тропическим и субтропическим климатом (Shrestha, 1999).

Выращивание карповых рыб в Азии быстро прогрессирует. В течение двух последних десятилетий темпы увеличения производства составляют в среднем 12% в год (Dey et al., 2005). Карповые рыбы обеспечивают производство более 70% объема аквакультуры не только в странах Азии, но и в мире, и рассматриваются в качестве основного источника получения рыбного белка (Acosta and Gupta, 2005).

В связи с постоянно растущим мировым спросом на рыбу повсеместно разрабатываются методы интенсификации аква-

культуры, позволяющие увеличить нынешний уровень производства (Hussein, 2012).

В условиях республики Бангладеш широкое распространение имеет поликультура в несливаемых водоемах, т.е. в тех, полный спуск воды из которых невозможен. Такие водоемы интенсивно удобряются при помощи минеральных и органических удобрений и зарыбляются несколькими видами рыб, имеющими разные трофические предпочтения. Наряду со стимулированием естественной кормовой базы используется и подкормка рыб искусственными кормами. При таком подходе общий выход рыбопродукции может достигать 80 ц рыбы с 1 га водной площади.

Наибольшее распространение в условиях Бангладеш получили схемы с использованием в качестве объектов поликультуры белого и пестрого толстолобиков, белого амура и карпа. К этому набору могут быть добавлены и другие виды рыб. В то же время малое количество работ направлено на оптимизацию технологии поликультуры в условиях неспускных водоемов республики Бангладеш.

Материал и методы исследований. Исследования были выполнены в условиях частного прудового рыбководного хозяйства республики Бангладеш в 2016 г.

Для проведения экспериментальных работ были задействованы три неспускных пруда площадью 0,12, 0,14 и 0,18 га, идентичные по своим характеристикам. Про-

должительность эксперимента составила 7 мес. На стадии предварительной подготовки прудов из них вручную были удалены излишки высшей водной растительности. Для избавления от сорной рыбы водоемы были обработаны зооцидом «Ротенон».

В пруды во время эксперимента вносили удобрения: коровий навоз из расчета 30 т/га, мочевины (1750 кг/га) и двойной суперфосфат из расчета 1000 кг/га. В качестве объектов поликультуры были использованы шесть видов рыб: карп, белый толстолобик,

катля (индийский карп), белый амур, роху, и мригал (белый карп).

Контролем служил третий вариант опыта, где плотность посадки рыбы составляла 1200 шт/га (табл. 1). Во втором варианте опыта плотность посадки рыбы была увеличена в 1,5 раза, а в первом варианте – в 2 раза в сравнении с контролем. Соотношение различных видов рыб во всех вариантах опыта было одинаковым: 15% для белого толстолобика, катли и карпа, 18% – для остальных видов рыб. Масса посадочного материала составляла 16-25 г.

Таблица 1

Варианты поликультуры для опытных прудов

Показатель	Вариант		
	1	2	3 (контроль)
Плотность посадки рыбы, тыс. шт/га			
Белый толстолобик	360	270	185
Роху	440	330	215
Катля	360	270	185
Белый амур	440	330	215
Мригал	440	330	215
Карп	360	270	185
Всего:	2400	1800	1200
Соотношение по видам, %			
Белый толстолобик	15	15	15
Роху	18	18	18
Катля	15	15	15
Белый амур	18	18	18
Мригал	18	18	18
Карп	15	15	15

Во время выращивания рыбы ее подкармливали гранулированным кормом собственного производства (табл. 2). Раздачу корма рыбе производили вручную, по кормовым точкам, 2-3 раза в сутки, норма кормления в зависимости от условий составляла 2-8% от массы рыбы. Корма нормировали для 3 видов рыб: карпа, катли и мригала. Предполагалось, что остальные виды рыб будут питаться компонентами естественной кормовой базы.

В период опыта вели постоянный контроль за гидрохимическим режимом прудов. Температуру воды и концентрацию растворенного кислорода измеряли два раза в сутки в каждом пруду при помощи термооксиметра. Величину рН измеряли 1 раз в сутки в каждом пруду при помощи лабораторного рН-метра. Содержание соединений азота

(общий аммонийный азот и нитриты) определяли 1 раз в 48 ч в каждом пруду при помощи капельных тестов.

Таблица 2

Состав используемого корма

Ингредиент	%
Рыбная мука	30
Горчичный шрот	25
Соевый шрот	20
Рисовая мука	20
Пшеничные отруби	5

Для изучения особенностей роста рыб проводили ежемесячные контрольные обловы. Для контрольного взвешивания исполь-

зовали не менее чем по 20 рыб каждого вида из каждого пруда. В конце эксперимента взвесили всю выращенную рыбу.

Результаты исследований. Наблюдения за гидрохимическим режимом показали, что качество воды на всем протяжении эксперимента соответствовало технологическим нормативам (табл. 3).

Температура воды изменялась в пределах 23-34°C, средние значения составили чуть более 28°C. Величина рН немно-

го уменьшалась с увеличением плотности посадки рыбы: от 7,4 в контрольном пруду до 7,0 в пруду № 1 (с максимальной плотностью посадки). Концентрация растворенного кислорода была высокой на всем протяжении опыта (7,0-7,8 мг/л) и ни разу не опускалась до уровня менее 5 мг/л. Различия по этому показателю между водоемами с минимальной и максимальной плотностью посадки рыбы не превышали 0,8 мг/л.

Таблица 3

Результаты наблюдений за гидрохимическим режимом

№ пруда	Результаты измерений		
	Температура, °С	рН	Кислород, мг/л
1	28,4±5,1	7,0±0,54	7,0±0,82
2	28,2±4,8	7,3±0,36	7,5±0,51
3 (контроль)	28,6±4,7	7,4±0,42	7,8±0,65

Через 7 мес. выращивания средняя масса рыбы как по видам, так и по вариантам опыта существенно различалась (рис. 1).

Минимальную массу во всех опытных прудах имел роху (410-430 г), максимально-го веса достиг белый толстолобик (740-790 г). Что касается влияния плотности посад-

ки на конечную массу выращенной рыбы, то у роху, мригала, белого толстолобика и катли при увеличении посадки вес рыбы снижался, однако различия между прудами с минимальной и максимальной плотностями посадки не превышали 5-7%, и только у мригала разница составила 11%.

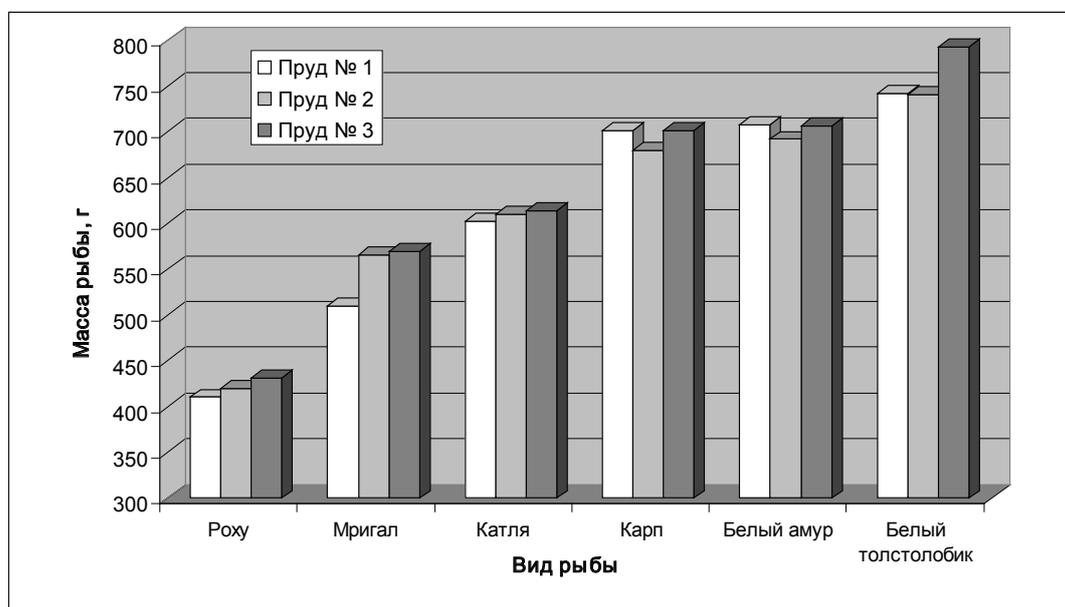


Рис. 1. Средняя масса выращенной рыбы

Что касается карпа и белого амура, то на конечную массу этих рыб плотность посадки практически не влияла: например, самые крупные белые амуры были выловлены из пруда с наиболее высокой плотностью посадки.

Скорость роста рыбы также в большей степени зависела от вида, чем от используемой плотности посадки.

Во всех опытных прудах минимальная величина суточных приростов отмечена у роху, максимальное значение пока-

зателя имел белый толстолобик (рис. 2). Так же, как и в случае с конечной массой рыбы, у роху, мригала, катли и белого толстолобика наблюдали незначительное (ме-

нее 10%) снижение суточных приростов при увеличении плотности посадки рыбы. У карпа и белого амура подобную зависимость не отмечали.

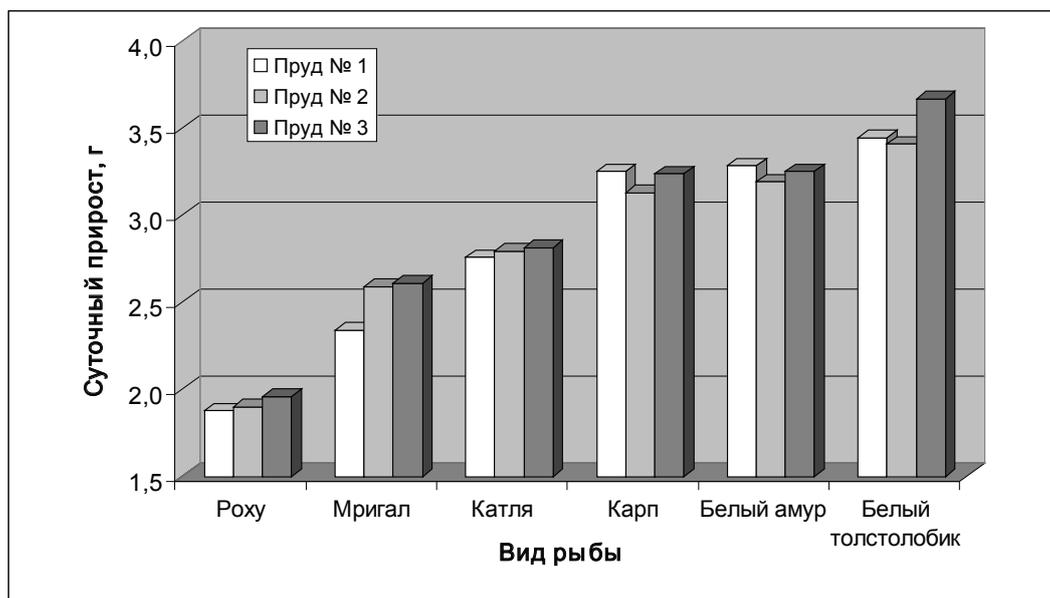


Рис. 2. Величина суточных приростов рыб

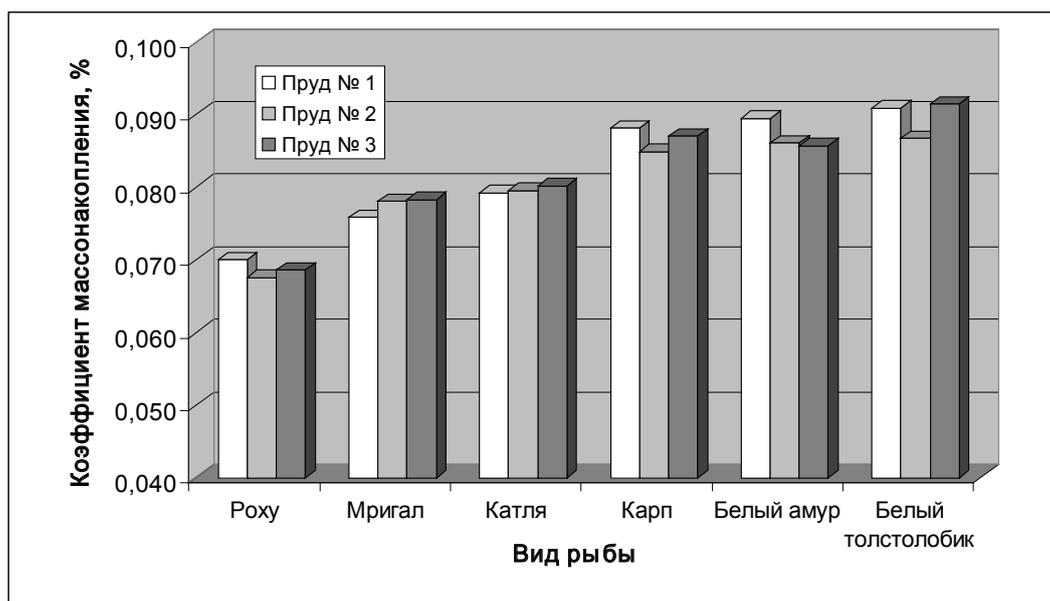


Рис. 3. Значения коэффициентов массонакопления

С учетом того, что масса посадочного материала по видам рыб и вариантам опыта различалась, для объективной характеристики роста рыб воспользовались коэффициентом массонакопления (Км). Этот показатель, в отличие от суточного прироста и относительной скорости роста, не зависит от массы рыбы.

Результаты анализа показали (рис. 3), что скорость роста действительно в большей степени зависела от вида рыбы, чем от плот-

ности посадки. Быстрее всех рос белый толстолобик, среднее по трем прудам значение коэффициента массонакопления для него составило 0,089. Практически с такой же скоростью росли белый амур и карп (Км 0,087), различия с белым толстолобиком составили всего 2%. Катля по скорости роста проигрывала толстолобику на 10%, мригал – на 12%. Самое низкое значение коэффициента массонакопления было у роху (0,069), что на 23% меньше в сравнении с толстолобиком.

Плотность посадки рыб на величину Км влияла крайне незначительно, и не у всех исследованных видов. Снижение скорости массонакопления при увеличении посадки имело место только у мригала и катли, причем различия были незначительными (менее 3%). У остальных изученных видов рыб плотность посадки не повлияла на скорость роста: например, максимальные значения Км у карпа и белого амура фиксировали в первом опытном пруду, где использовали максимальную плотность посадки.

Увеличение плотности посадки рыбы в опытных прудах несколько снизило ее выживаемость. Если в контроле эта величина составила 92,1%, то при увеличении плотности посадки рыбы в 1,5 раза выживаемость

снизилась до 88,4%, а при увеличении плотности в 2 раза – до 77,8%.

Выход рыбопродукции с единицы водной площади сильно зависел от используемой плотности посадки (табл. 4).

Наименьшее количество рыбы было получено из третьего (контрольного) пруда. Во втором пруду выход рыбы оказался выше на 39% в сравнении с контролем, в третьем пруду – выше на 84%.

Что касается вклада отдельных видов рыб в общую рыбопродукцию, то независимо от варианта опыта больше был удельный вес белого амура (22-23%), затем – белого толстолобика (18-20%). Доли карпа, мригала и катли были примерно равны (15-16%), а наименьший выход отмечен у роху – 12-13%.

Таблица 4

Выход рыбопродукции

Вид рыбы	Пруд № 1	Пруд № 2	Пруд № 3
Выход, кг/га			
Белый толстолобик	240	173	137
Роху	152	127	83
Катля	191	159	107
Белый амур	298	210	145
Мригал	197	153	108
Карп	203	150	118
Всего	1281	972	698
Выход, %			
Белый толстолобик	19	18	20
Роху	12	13	12
Катля	15	16	15
Белый амур	23	22	22
Мригал	15	16	15
Карп	16	15	16
Всего	100	100	100

Таблица 5

Расход и эффективность использования корма рыбой

Показатель	Пруд № 1	Пруд № 2	Пруд № 3
Расход корма, кг/га	1533	1221	917
Прирост ихтиомассы, кг/га: катля + мригал + карп	591	463	333
общий	1235	931	671
Затраты корма, кг/кг прироста: катля + мригал + карп	2,59	2,64	2,75
общие	1,24	1,31	1,37

Анализ эффективности искусственных кормов, используемых в опыте, показал, что повышение плотности посадки рыбы привело к незначительному снижению величины кормовых затрат. При плотности посадки рыбы, в 2 раза более высокой, величина кормовых затрат (в расчете на катлю, мри-

гала и карпа) упала на 5%, а в расчете на общую рыбопродуктивность – на 10%.

Оценивая результаты эксперимента, можно констатировать, что увеличение плотности посадки рыбы в опытные пруды способствовало резкому увеличению эффективности производства (табл. 6).

Таблица 6

Основные результаты эксперимента

Показатель	Пруд № 1		Пруд № 2		Пруд № 3 (контроль)
	Значение	±% к контролю	Значение	±% к контролю	
Средняя масса рыбы, г	608	-3,6	611	-3,2	631
Выход, %	87,8	-4,7	88,4	-3,9	92,1
Абсолютный прирост, г	586	-3,5	585	-3,6	607
Км	0,080	-1,2	0,079	-2,4	0,081
Затраты корма, кг/кг прироста	1,24	-9,5	1,31	-4,4	1,37
Выход рыбопродукции, кг/га	1235	+84,1	931	+38,7	671

Несмотря на некоторое снижение средней массы, скорости роста и выживаемости рыбы, выход продукции в опытных прудах был существенно выше в сравнении с контрольным водоемом. При увеличении посадки рыбы в 1,5 раза ее вылов с единицы водной площади возрос на 38,7%, при двукратном увеличении посадки прирост рыбопродукции составил 84,1%.

Выводы

1. Гидрохимический режим опытных прудов по изучаемым показателям соответствовал технологическим нормативам. Увеличение плотности посадки рыбы не привело к существенному ухудшению качества воды.

2. Увеличение плотности посадки рыбы привело к незначительному снижению ее выживаемости (на 3,9-4,7%), конечной массы (на 3,2-3,6%) и скорости роста (на 1,2-2,4%). Быстрее всего росли белый толстолобик, белый амур и карп, самая низкая скорость роста зафиксирована у роху.

3. В прудах с высокой плотностью посадки рыбы эффективность использования корма была на 4,0-5,8% выше в расчете на те виды рыб, которых подкармливали (роху, мригал и карп), и на 4,4-9,5% выше в расчете на всю выращенную рыбу.

4. Увеличение плотности посадки рыб в 1,5 раза в сравнении с контролем привело

к увеличению выхода рыбопродукции на 38,7%, увеличение плотности посадки в 2 раза – на 84,1%.

Библиографический список

1. Acosta B.O., Gupta M.V. The status of introduced carp species in Asia. In *Carp genetic resources for aquaculture in Asia* (Eds) D.J. Penman, M.V. Gupta, M.M. Dey, The World Fish Center, Penang. Malaysia, 2005. P. 121-128.
2. Dey M.M., Rab M.A., Paraguas F.J., Piumsombun S, Ramachandra B, Alam M.F., Mahfuzuddin A. Fish consumption and food security: a disaggregated analysis by types of fish and classes of consumers in selected Asian countries. *Aquac. Econ. Manage.* 2005. 9(1/2). P. 89-111.
3. Hussein M.S. Effect of feed, manure and their combination on the growth of *Cyprinus carpio* fry and fingerlings Egypt. *J. Aquat. Biol. Fish.* 2012. 16(2):153-168.
4. Li S.F. and Mathias J. (Editors). *Fresh Water Fish Culture in China: Principles and Practices*. Elsevier, Amsterdam, 1994.
5. Shrestha M.K. Summer and winter growth of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) in a polyculture fed with napier grass (*Penisetum purpureum*) in the subtropical climate of Nepal. *J. Aqua. Trop.* 1999. 14 (1): 57-64.

Материал поступил в редакцию 01.11.2016 г.

Сведения об авторах

Дулон Рой (респ. Бангладеш), аспирант кафедры аквакультуры и пчеловодства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени Тимирязева, 127550, г. Москва, Тимирязевская ул., д. 49; тел.: 8-968-032-65-17; e-mail dulonroy@gmail.com

Завьялов Александр Петрович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры аквакультуры и пчеловодства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени Тимирязева, 127550, г. Москва, Тимирязевская ул., д. 49; тел.: 8-903-624-57-19; e-mail apzavyalov@gmail.com

ROJ DULON, A.P. ZAVJALOV

Federal state budget educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev»

OPTIMIZATION OF THE POLYCULTURE TECHNOLOGY IN NON-DISCHARGED PONDS OF THE REPUBLIC OF BANGLADESH

*There were investigated three variants of polyculture of carp fish – carp *Cyprinus carpio*), poxy (*Labeo rohita*), silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*), grass carp (*Ctenopharyngodon idella*), catla (*Catla catla*) and mrigala (*Cirrhinus mrigala*) at their growing under the conditions of non-discharged ponds of the Republic of Bangladesh. In the controlled group the density of fish stocking was 1200 pcs/ha, in two trial groups – by 1.5 and 2 times higher. The fish was grown during 7 months in well fertilized ponds. For fish feeding (catla, mrigala and carp) granulated mixed fodder of own production was used at the norm of feeding 3-8% of the fish weight. The investigations showed that the density increase of fish stocking by 1.5 and 2 times does not lead to the significant decrease of water quality of experimental ponds, survival rate and speed of fish growth. The fish growth might depend on the kind of fish, not on the variant of the experiment. Silver carp, grass carp and carp are the quickest in their growth, poxy had the least speed of growth. At increasing the stocking density of fish there increasingly grew a fish product output (by 39-84%) and by 5-10% a value of feeding costs was decreased.*

Bangladesh, ponds, carp fish, polyculture, stocking density, growth, fish output.

References

6. Acosta B.O., Gupta M.V. The status of introduced carp species in Asia. In Carp genetic resources for aquaculture in Asia (Eds) D.J. Penman, M.V. Gupta, M.M. Dey, The World Fish Center, Penang. Malaysia, 2005. P. 121-128.
7. Dey M.M., Rab M.A., Paraguas F.J., Piumsombun S, Ramachandra B, Alam M.F., Mahfuzuddin A. Fish consumption and food security: a disaggregated analysis by types of fish and classes of consumers in selected Asian countries. *Aquac. Econ. Manage.* 2005. 9(1/2). P. 89-111.
8. Hussein M.S. Effect of feed, manure and their combination on the growth of *Cyprinus carpio* fry and fingerlings Egypt. *J. Aquat. Biol. Fish.* 2012. 16(2):153-168.
9. Li S.F. and Mathias J. (Editors). Fresh Water Fish Culture in China: Principles and Practices. Elsevier, Amsterdam, 1994.
10. Shrestha M.K. Summer and winter growth of grass carp (*Ctenopharyngodon*

idella) in a polyculture fed with napier grass (*Pennisetum purpureum*) in the subtropical climate of Nepal. *J. Aqua. Trop.* 1999. 14 (1): 57-64.

The material was received at the editorial office
01.11.2016

Information about the authors

Dulon Roj (Republic of Bangladesh), post graduate student of the chair of aquaculture and beekeeping, FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, Timiryazevskaya ul., d. 49; tel.: 8-968-032-65-17; e-mail dulonroy@gmail.com

Zavjalov Alexandr Petrovich, candidate of agricultural sciences, associate professor of the chair of aquaculture and beekeeping, FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, Timiryazevskaya ul., d. 49; tel.: 8-903-624-57-19; e-mail apzavyalov@gmail.com

ПЕРЕЧЕНЬ ТРЕБОВАНИЙ И УСЛОВИЙ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ

Общие требования

К изданию принимается ранее не опубликованное автором произведение – научная статья, практическая или обзорная статья, научная рецензия и отзыв в следующие рубрики журнала:

- 05.23.00 Строительство и архитектура;
- 06.01.00 Агрономия;
- 06.03.00 Лесное хозяйство;
- 06.04.00 Рыбное хозяйство.

Разделы журнала соответствуют **Номенклатуре специальностей научных работников**, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25.02.2009 № 59 (в ред. Приказов Минобрнауки РФ от 11.08.2009 № 294, от 10.01.2012 № 5), и **Паспортам научных специальностей**, разработанных экспертными советами ВАК Минобрнауки России.

В редакцию журнала статья подается в **электронном виде** (файл формата Microsoft Word 97-2003). Текст статьи должен быть предварительно отредактирован автором или редактором, даты, формулы, имена и фамилии ученых, авторов литературных источников – выверены. Объем статьи не должен превышать 10–12 страниц. **Материал в статье следует излагать структурировано:**

- **введение;**
- **материал и методы;**
- **результаты и обсуждение;**
- **выводы (заключение);**
- **библиографический список.**

Журнал «Природообустройство» является **рецензируемым**. Все принятые статьи проходят процедуру обязательного рецензирования. Выбор рецензента осуществляет Редакционный совет. **Порядок рецензирования рукописей статей** размещен в сети Интернет по адресу <http://www.timacad.ru/deyatel/izdat/priroda/index.php>. Рецензии хранятся в редакции журнала в течение 5 лет.

Правила оформления

1. Статья должна представлять единый файл Microsoft Word 97-2003. Название файла – прописными буквами по фамилии первого автора.

2. Отступ справа, сверху и снизу – 2 см, слева – 2,5 см. Шрифт Times New Roman, по всей статье интервал – 1,5 пт, шрифт 14. Нумерация страниц – по нижнему краю посередине, первая страница не нумеруется.

3. Вверху страницы ставят номер универсальной десятичной классификации (**УДК**): выравнивание по левому краю, без абзацного отступа.

4. На следующей строке **инициалы и фамилии авторов**: шрифт полужирный, выравнивание по левому краю, без абзацного отступа.

5. Указывается **официальное название места работы, город, страна**: шрифт обычный, выравнивание по левому краю, без абзацного отступа.

6. **Название статьи** в прописном регистре, полужирный, выравнивание по левому краю, без абзацного отступа.

7. **Аннотация** статьи на русском и английском языках: абзацный отступ 1,0 см; шрифт курсивный; выравнивание по ширине; рекомендуемый объем 200...250 слов (не более 2000 символов); необходимо осветить цель исследования, методы, результаты (желательно с приведением количественных данных), четко сформулировать выводы; не допускаются разбиение на абзацы и использование вводных слов и оборотов.

8. **Ключевые слова** на русском и английском языках: абзацный отступ 1,0 см; шрифт курсивный; выравнивание по ширине; рекомендуемый объем от 5 до 10 слов или словосочетаний.

9. **Автоматизированный перевод с помощью программных систем запрещается.**

10. Основной текст статьи должен быть набран шрифтом обычного начертания, абзацный отступ 1,0 см, интервал: перед и после – 0 см.

11. Буквы латинского алфавита – курсивного начертания, буквы греческого и русского алфавитов, индексы и показатели степени, математические символы \lim , \lg , \ln , \sin , \cos , \min , \max и др., числа подобия – прямого начертания.

12. Обратить внимание на различие знаков: дефис «-», минус «-» и тире «—». Диапазон любых значений (...), кроме периода лет (тире).

13. **Набор формул.** Использовать редактор формул Math Type 5.x либо Equation 3.0, шрифт Times New Roman, размер 11 пт, выравнивание по левому краю без абзацного отступа. Для удобства при верстке длина формулы не должна превышать 8 см. Нумеровать только те формулы, на которые есть ссылки в тексте. **Суммарное число формул – не более 10.** Экспликация к формулам набирается шрифтом Times New Roman, размер 14 пт, без абзацного отступа, выравнивание по ширине страницы.

14. **Таблицы и рисунки** помещать за первой ссылкой на них в тексте, после абзаца. Выравнивание таблиц и рисунков по центру. Все таблицы и рисунки должны иметь ссылки с указанием номера (если рисунок и таблица единственные, то номер не указывается).

15. Толщина основных линий в таблицах – 0,25 пт. **Число таблиц** – не более 2. Номер таблицы: шрифт 11 пт, обычный, выравнивание по правому краю, без абзацного отступа. Название таблицы: шрифт 11 пт, полужирный, выравнивание по центру, без абзацного отступа.

16. **Рисунки** выполнять на компьютере в виде отдельного файла: в растровых форматах TIFF, JPG; в векторных форматах CDR, DWG, EPS. Выполнение рисунка средствами Microsoft Word не допускается. Ширина рисунка – не более 8 см, обозначения на рисунке делать шрифтом Times New Roman (9 пт). Рисунки с большим количеством деталей (сложные схемы, графики) размещать на всю ширину страницы (16,5 см). Фотографии выполнять с разрешением не менее 600 dpi. Допускается выполнение графиков и диаграмм в Microsoft Word 97-2003 и StatSoft Statistica 6.0 (и выше). Общее число рисунков (включая буквенное обозначение ее части) – не более 4. Текст подрисуночной подписи набирается шрифтом 14 пт, начертание полужирное, выравнивание по центру или по ширине страницы; экспликация рисунка после знака «:» тем же шрифтом, начертание обычное.

17. **Обозначения, термины и иллюстративный материал** привести в соответствие с действующими государственными стандартами.

18. Статья должна обязательно содержать **вывод(ы)** (заголовок: шрифт 14 пт, начертание

полужирное, выравнивание по центру, без абзацного отступа).

19. **Библиографический список** должен быть составлен в соответствии с последовательностью ссылок в тексте. Ссылки на литературу по тексту помещать в квадратных скобках, в конце предложения перед точкой, оформлять по ГОСТ 7.0.5–2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». От основного текста список отделять пустой строкой с полуторным интервалом (начертание полужирное, выравнивание по центру, без абзацного отступа). Список нумеровать в порядке упоминания в тексте, каждый источник на отдельной строке, абзацный отступ – 0,5 см, выравнивание по ширине страницы, начертание обычное.

20. Все **аббревиатуры** необходимо пояснить – дать полный текст названия документа, организации, вида работ, процесса и др.

21. После библиографического списка на русском языке приводятся краткие сведения об авторах: ФИО, ученая степень (звание), должность, контактный телефон, e-mail (шрифт курсивный, выравнивание по ширине страницы, без абзацного отступа, межстрочный интервал одинарный, ФИО выделяется полужирным курсивом).

Главные критерии при отборе материалов для публикации: соответствие рубрикам журнала, актуальность и уровень общественного интереса к рассматриваемой проблеме, новизна идей, научная и фактическая достоверность представленного материала, четкая формулировка предложенного и наличие выводов.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

При приеме статьи автор подписывает согласие на передачу Редакции периодического издания «Природообустройство» (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева) прав на издание и распространение статьи без ограничения срока, района распространения журнала и без выплаты вознаграждения.

Для авторов из сторонних организаций обязательно наличие квитанции об оплате годовой подписки на журнал (индекс в каталоге «Пресса России» – 80746).

Прием статей

По вопросам публикации статей обращаться по телефону: 8 (499) 976-36-67.

E-mail: priodamgup@mail.ru

<http://www.timacad.ru/deyatel/izdat/priroda/>