

ISSN 1997-6011

ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО

Научно-практический журнал

PRIRODOOBUSTROJSTVO

Theoretical-practical journal

4' 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

4' 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
В.А. Власов,
доктор сельскохозяйственных 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
Н.Н. Лазарев,
доктор сельскохозяйственных наук,
А.М. Марголин,
доктор экономических наук
В.В. Пчёлкин,
доктор технических наук
И.П. Свинцов,
доктор сельскохозяйственных наук
В.И. Сметанин,
доктор технических наук
В.К. Хлюстов,
доктор сельскохозяйственных 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
главного научного редактора*

*И.П. Айдаров, академик РАН,
заслуженный мелиоратор РФ
В.А. Волосухин, академик РАЕН, доктор технических
наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ
В.А. Евграфов, доктор технических наук, профессор
В.Я. Жарницкий, доктор технических наук, профес-
сор
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. Штернлихт, 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 подписная

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

4' 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*

*V.A. Vlasov,
doctor of agricultural sciences*

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

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

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

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

*V.N. Krasnoshchekov,
doctor of economics*

*N.N. Lazarev
doctor of agricultural sciences*

*A.M. Margolin,
doctor of economics*

*V.V. Pchylkin
doctor of technical sciences*

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

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

*V.K. Khlyustov
doctor of agricultural 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 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. Ismailylov, 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 subscription

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

**UDC 502/504
BBC 20.1**

© Russian Timiryazev State Agrarian University, 2017

Содержание

Ивану Петровичу Айдарову – 85 лет	6
05.23.00 Строительство и архитектура	
Исмайылов Г.Х., Муращенко Н.В. Моделирование прогноза элементов водного баланса с использованием массива данных гидрометеорологических наблюдений	8
Назаркин Э.Е., Сушко В.В., Померанцев О.Н. Регулирование работы центробежного насоса путем подачи воздуха во всасывающий трубопровод	15
Беглярова Э.С., Дмитриева А.В., Соколова С.А. Водные объекты на особо охраняемой природной территории бассейна реки Серебрянка	20
Ханов Н.В., Журавлёва А.Г., Мвуйекуре Жан Клод Рекомендации по проектированию и строительству креплений нижнего бьефа трубчатых водовыпусков с гасителями ударного действия	27
Назирова Дж.А., Давлатшоев С.К. Исследование упругих, деформационных и прочностных характеристик вмещающего массива камерных выработок Рогунской ГЭС лабораторными и геофизическими методами	34
Козлов Д.В. Результаты стратегического анализа вариантов проектных решений по ликвидации последствий технического инцидента на Загорской ГАЭС-2	39
Черных О.Н., Волшаник В.В. Роль водяных мельниц в воссоздании исторических ландшафтов	47
Шарков В.П., Бахтин Б.М., Метельский П.З. Давление заполнителя в сооружениях ячеистой конструкции и его связь с формой эпюры в условиях укладки без уплотнения	55
06.01.00 Агрономия	
Буркова Ю.Г., Соколов А.Л. Выбор оптимальных параметров крупной насосной станции мелиоративного и комплексного назначения в условиях неопределенности	62
Камалетдинова Л.А. Обоснование мелиоративных режимов степных водосборов западного Башкортостана при их комплексном обустройстве	68
Карпенко Н.П., Сейтказиев А.С. Эколого-мелиоративное обоснование водно-солевого режима засоленных почв Таласского массива орошения Жамбылской области	73
Кирейчева Л.В., Глазунова И.В. Развитие и размещение сельскохозяйственных мелиораций в изменяющихся климатических условиях	80
Норов М.С., Миралиев Дж.Р. Совместные посевы кукурузы и сахарного сорго в условиях Дангаринского массива республики Таджикистан	87
Хлевный Д.Е. Некоторые биологические особенности побегов лиан <i>Ampelopsis Megalophylla</i> в условиях Анапо-Таманской зоны Краснодарского края	91
06.03.00 Лесное хозяйство	
Аткина Л.И., Булатова Л.В., Вишнякова С.В., Луганская С.Н. Особенности формирования объектов рекреации на особо охраняемых природных территориях в городе Екатеринбурге	97
Шевлякова М.И., Аткина Л.И. Преобразования знаковых ландшафтных элементов сада Харитонов, г. Екатеринбург	104
06.04.00 Рыбное хозяйство	
Болкунов О.А., Пашинова Н.Г., Москул Г.А. Современное состояние биологических ресурсов реки Кирпили и их рациональное использование	110

Contents

Ivan Petrovich Aidarov is 85 years old	6
 05.23.00 Building and architecture	
Ismailyov G.Kh., Muraschenkova N.V. Forecast simulation of water balance elements using data array of meteorological observations	8
Nazarkin E.E., Sushko V.V., Pomeranges O.N. Regulation of the centrifugal pump operation by air supply into the suction pipeline	15
Beglyarova E.S., Dmitriyeva A.V., Sokolova S.A. Water objects in the especially protected natural territory of the river Serebrianka basin.....	20
Khanov N.V., Zhuravleva A.G., Mvuyekure Jean Claude Recommendations on designing and construction of downstream mounting of tubular outlets with impact-action energy absorbers	27
Nazirov J., Davlatshoev S. Investigation of elastic, deformation and strength characteristics of the contained rock massif of chamber pits of the Rogun HPP by laboratory and geophysical methods	34
Kozlov D.V. Results of the strategic analysis of the variants of design decisions on elimination of consequences of the technical incident at the Zagorskaya PSPP-2.....	39
Chernyh O.N., Volshanik V.V. Role of water mills in restoration historical landscapes.....	47
Sharkov V.P., Bakhtin B.M., Meteljsky P.Z. Filler pressure in cellular structures and its connection with the diagram form under the conditions of laying without compaction.....	55
 06.01.00 Agronomy	
Byrkova Yu.G., Sokolov A.L. Choice of optimal parameters of a large pumping station of a reclamation and complex purpose under the uncertainty conditions.....	62
Kamaletdinova L.A. Substantiation of reclamation regimes of steppe water catchments of the western Bashkortostan under their complex development	68
Karpenko N.P., Seitkaziye A.S. Ecological-reclamation substantiation of water-salt regime of saline soils of the Talazsky massif of irrigation of the Zhambyl area	73
Kireicheva L.V., Glazunova I.V. Development and deployment of agricultural reclamations under changing climatic conditions	80
Norov M.S., Miraliyev Dz.R. Joint crops of corn and sugar sorghum under the conditions of the Dangarinsky massif of the republic of Tajikistan.....	87
Khlevny D.Ye. Some biological features of liana shoots Ampelopsis Megalophylla under the conditions of the Anapa-Taman zone of the Krasnodar area	91
 06.03.00 Forestry	
Atkina L.I., Bulatova L.V., Vishnyakova S.V., Luganskaya S.N. Features of formation of recreation objects on specially protected natural territories in the city of Yekaterinburg.....	97
Shevlyakova M.I., Atkina L.I. Transformations of the symbolic landscape elements of the Kharitonov garden, Yekaterinburg	104
 06.04.00 Fishery	
Bolkunov O.A., Pashinova N.G., Moscul G.A. The current state of biological resources of the Kirpili river and their efficient use	110



ИВАНУ ПЕТРОВИЧУ АЙДАРОВУ – 85 ЛЕТ

26 августа 2017 г. исполнилось 85 лет Ивану Петровичу Айдарову, выдающемуся учёному и педагогу, действительному члену Российской академии наук, Академии аграрного образования и Академии водохозяйственных наук, доктору технических наук, профессору, заслуженному мелиоратору Российской Федерации. И.П. Айдаров – один из ярких представителей современной мелиоративной научной школы, ученик и последователь академиков А.Н. Костякова и С.Ф. Аверьянова.

И.П. Айдаров родился в г. Колпашево Томской области, в 1955 г. окончил гидро-мелиоративный факультет Московского института инженеров водного хозяйства (МИИВХ, позднее – МГМИ, т.е. Московский гидро-мелиоративный институт). В 1955-1958 гг. работал научным сотрудником на Курской ЗОМС ВНИИГиМа. В 1958 г. он поступил в аспирантуру МГМИ, в 1962 г. защитил диссертацию на соискание учёной степени кандидата технических наук, а в 1978 г. – по теме «Методы и технология регулирования водно-солевого и пищевого режимов орошаемых земель» на соискание учёной степени доктора наук. С этого времени его жизнь была связана с жизнью крупнейшего мелиоративного вуза страны и подготовкой специалистов в области мелиорации и водного хозяйства.

В 1962-1969 гг. И.П. Айдаров – научный сотрудник научно-исследовательского сектора, в 1969-1972 гг. – ассистент и доцент кафедры сельскохозяйственных и гидротехнических мелиораций, в 1972-1981 гг. – заведующий сектором проблемной мелиоративной лаборатории, с 1982 г. – профессор кафедры сельскохозяйственных и гидротехнических мелиораций,

в 1990-1993 гг. – заведующий кафедрой мелиоративного почвоведения и земледелия МГМИ, с 1981 по 2002 гг. – проректор по научной работе МГУП.

Большое теоретическое и практическое значение имеют результаты научных исследований И.П. Айдарова, посвящённых краеугольной проблеме мелиоративной науки – изучению процессов формирования водно-солевого и теплового режимов на мелиорируемых землях в различных природных регионах (Поволжье, Северный Кавказ, Молдавия, Центральная чернозёмная зона, Западная Сибирь, Средняя Азия) и возможности активного регулирования потоков вещества и энергии в их круговороте с целью управления почвенно-гидрогеологическими процессами. Большим вкладом в науку являются его разработки по вопросам системного (ландшафтного, геохимического) обоснования состава и эколого-экономической эффективности комплексных мелиораций, моделирования процессов в почвоведении и мелиорации.

И.П. Айдаров является убеждённым поборником экологического осмысливания мелиоративной деятельности, смело вступая в полемику с теми экологами, кто не понимает необходимости инженерных воздействий на окружающую среду с целью лучшего использования потенциала её продуктивности в интересах развивающегося человеческого общества. В то же время всё научное творчество И.П. Айдарова направлено на то, чтобы вооружить мелиораторов и строителей водохозяйственных систем глубоким пониманием природных процессов, гарантирующим исключение грубого нарушения их равновесия. Реализация его научных идей нашла отражение, в частно-

сти, в экспертных заключениях по крупным мелиоративным и водохозяйственным проектам.

Редкое сочетание бескомпромиссности и взвешенности в подходах И.П. Айдарова к проблемам экологии и мелиорации снискало ему уважение в научной сфере. Опубликовано более 300 его научных работ, в т.ч. издано 12 монографий. За последнее десятилетие издан ряд его монографий, в том числе такие, как «Перспективы развития комплексных мелиораций», «Комплексное обустройство земель», «Экологические основы мелиорации земель», «Перспективы развития мелиорации земель в России», «Проблемы природопользования и природообустройства» и др.

Монографии И.П. Айдарова содержат анализ существующего состояния агроландшафтов, обоснованный на использовании современных методологий и представлений о природно-деятельных системах, выявление причинно-следственных связей и разработка системы интегральных показателей и моделей, необходимых для обустройства агроландшафтов. Кроме того, отражена разработка методов обоснования системы мероприятий, в основу которых положены идеи устойчивого управления биохимическими процессами, а также требования современ-

ного законодательства Российской Федерации.

На основании анализа состояния компонентов природной среды и сельского хозяйства, в том числе мелиорации земель, обобщения опыта и эффективности различных видов мелиораций земель ученым сформулированы цели и задачи мелиорации земель на перспективу и обоснованы виды и объемы развития мелиорации земель для различных природно-климатических зон РФ.

Под руководством И.П. Айдарова защитили диссертации 5 докторов наук и 27 кандидатов наук. В качестве консультанта-эксперта и исследователя он участвовал в изысканиях, разработке и экспертизе объектов комплексной мелиорации в Индии, Югославии, Венгрии, Польше, Мозамбике, Алжире, Сирии, на Кубе.

И.П. Айдаров – член Европейского общества охраны почв, член Национального комитета по ирригации и дренажу, член редколлегии журнала «Природообустройство». Его выдающиеся заслуги по развитию мелиоративной науки отмечены Золотой медалью имени А.Н. Костякова.

Желаем Ивану Петровичу крепкого здоровья, долголетия, благополучия и возможности продолжения плодотворной творческой научной деятельности!

УДК 502/504:551.583:556.5

Г.Х. ИСМАЙЛОВ, Н.В. МУРАЩЕНКОВА

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОГНОЗА ЭЛЕМЕНТОВ ВОДНОГО БАЛАНСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАССИВА ДАННЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Рассмотрена оценка изменения элементов водного баланса бассейна реки Волги в целом до г. Волгограда и его частных водосборов в первой половине XXI в. Прогноз изменения статистических характеристик элементов водного баланса (ЭВБ) речного бассейна Волги основан на использовании пяти массивов гидрометеорологических данных за многолетний период 1914/1915-2010/2011 гг. Проведено сравнение величин условно-естественного годового испарения и при антропогенном воздействии, что позволило оценить масштабы этого воздействия. Для осуществления прогноза изменения статистических параметров ЭВБ речного бассейна исходим из трех концепций, включающих в себя концепцию стационарности, квазистационарности и нестационарности гидрометеорологических процессов. При прогнозировании элементов водного баланса приоритетным для нас являлись изменение глобального климата и его влияние на региональный климат, который в свою очередь влияет на водные ресурсы бассейна реки Волги. Среднемноголетнее значение годового стока бассейна р. Волги в целом (до г. Волгограда) в начале первой половины XXI в. (2011-2030 гг.) изменится от 198 мм до 202 мм для самого «жесткого» сценария А2. Для более «мягкого» сценария А1В норма годового стока р. Волги изменится от 194 мм до 200 мм, при норме стока за базовый период (1914/15-2010/11 гг.) составит 190 мм/год ($258 \text{ км}^3/\text{год}$). Для середины первой половины XXI в. (2041-2060 гг.) в случае самого «жесткого» сценария А2 норма годового стока р. Волги изменяется от 200 мм до 211 мм.

Элементы водного баланса, речной сток, речной бассейн, стационарность, нестационарность, изменение климата, климатические модели.

Введение. Бассейн Волги, расположенный в центре европейской части России, имеет огромное значение для развития экономики всей страны. Водные ресурсы Волжского бассейна, составляющие всего около 5% водных ресурсов всей России, несут на себе огромную антропогенную нагрузку из-за большой заселенности и высокого экономического потенциала этого региона [1].

Происходящее в последнее время изменение глобального климата проявилось и в этом речном бассейне [2, 3].

Изменение климата является непрерывным процессом, подтверждающимся историей существования Земли. Сегодня на повестку дня ставится задача определения того, насколько велики эти изменения и как они отразятся на процессах, происходящих в окружающей среде, в том числе

на количественных изменениях элементов водного баланса (ЭВБ) речных бассейнов, регионов, а также на изменениях соотношений ЭВБ.

Анализ гидрометеорологических наблюдений в бассейне р. Волги за период XX в. Показал, насколько эти изменения затронули данный бассейн [4]. Нами было проведено сравнение величин годового испарения в «естественных» условиях и при антропогенном воздействии, что позволило оценить масштабы этого воздействия. В таблице 1 приведены средние за 10 лет значения условно-естественного и антропогенно-измененного испарения за 1935/1936-2000/2001 годы. Как видим, начиная с 1930-х гг. прошлого столетия наблюдается непрерывное превышение испарения в условиях антропогенного воздействия над условно-есте-

ственным испарением, которое достигает максимума в середине 1980-х гг. (23 мм/год, или 31 км³/год). Затем наступает период уменьшения их разности вследствие спада промышленного производства и ороша-

емого земледелия. В результате к началу XXI в. различие в величинах испарения снижается до 5 мм/год (7 км³/год), т.е. почти в 5 раз по сравнению с различием в середине 1980-х гг.

Таблица 1

**Изменение испарения в бассейне р. Волги до г. Волгограда
под влиянием антропогенного воздействия, мм/год**

Годы	Испарение		
	условно-естественное, $E_{\text{уе}}$	в условиях антропогенного воздействия, $E_{\text{хд}}$	$\Delta E = E_{\text{хд}} - E_{\text{уе}}$
1935/1936-1944/1945	467	472	5
1945/1946-1954/1955	452	465	13
1955/1956-1964/1965	466	482	16
1965/1966-1974/1975	450	468	18
1975/1976-1984/1985	454	477	23
1985/1986-1994/1995	444	451	7
1995/1996-2000/2001	446	451	5
Среднее	455	468	13

Это свидетельствует о том, что современный водный баланс бассейна р. Волги формируется под преобладающим влиянием природных, прежде всего – климатических факторов. Поэтому оценка ЭВБ на ближайшие годы во многом будет определяться тем, какие изменения претерпит климат в бассейне. Влияние же антропогенных факторов при продолжающейся стагнации экономики на этом фоне будет незначительным, по крайней мере – для количественной оценки ресурсов речного стока. Следовательно, климат является основным фактором формирования ЭВБ бассейна р. Волги, и прежде всего – её водных ресурсов (поверхностных и подземных). Соответственно при прогнозировании элементов водного баланса (ЭВБ) для нас приоритетом являлись изменение глобального климата и его влияние на региональный климат, а это в свою очередь влияет на водные ресурсы бассейна р. Волги.

Таким образом, оценка изменения статистических характеристик динамических рядов ЭВБ является необходимым условием для принятия стратегических эколого-экономических решений XXI века. Так, заблаговременная оценка изменения климата с позиции рационального использования и охраны природных ресурсов, в том числе водных, может обеспечить разумное и выгодное использование меняющихся характеристик климата.

Материалы и методы исследований.

Водные ресурсы в целом количественно вы-

ражаются функциями параметров климатической системы. Поэтому решение задачи по оценке (прогнозу) межгодовой и сезонной изменчивости ЭВБ речного бассейна должно базироваться на двух принципах. Во-первых, это описание возможных изменений глобального и регионального климата; во-вторых – использование физически обоснованной, поддающейся верификации зависимости речного стока от климатических факторов. Таким образом, становится очевидным, что одной из основных задач гидрологической науки XXI века является оценка возможных изменений речного стока от определяющих его факторов климатической системы.

Для осуществления прогноза изменения статистических характеристик элементов водного баланса речного бассейна Волги были использованы пять массивов гидрометеорологических данных, из которых массив данных сезонной и годовой температуры воздуха и суммарных атмосферных осадков был создан по результатам данных наблюдений на сети гидрометеорологических станций. Массив речного стока боковой приточности для 11 частных водосборов водохранилищ Волжско-Камского каскада и по бассейну р. Волги до г. Волгограда в целом использован по данным ОАО «Институт Гидропроект» за период 1914/1915-2010/2011 гг. И, наконец, данные суммарного испарения с поверхности их частных водосборов и изменение бассейновых влагозапасов при нали-

ции массивов величин годовых и сезонных значений атмосферных осадков и речного стока за многолетний период определены по специальной методике, разработанной авторами и отраженной в работе [4].

Для осуществления прогноза изменения статистических параметров ЭВБ речного бассейна исходим из трех концепций, включающих в себя концепцию стационарности (первая гипотеза), квазистационарности (вторая гипотеза) и нестационарности (третья гипотеза).

Согласно первой концепции в основе формирования речного стока лежит представление о его стохастической природе. Это предопределило вероятностное описание закономерностей изменчивости речного стока во времени и пространстве с использованием наблюдаемых временных рядов. При этом выявленные закономерности распространялись и на будущее. Такой подход подразумевает стационарность процессов формирования речного стока и, как следствие, возможность вероятностного предвидения его характера и параметров в обозримом будущем (период прогнозирования, как правило, исчисляется несколькими десятилетиями). Следовательно, в условиях стационарности гидрологических процессов оценка изменения статистических параметров ЭВБ оценивается вероятностно-статистическим методом.

Вероятностно-статистическая оценка изменения ЭВБ исходит из предположений о стационарности полученных временных рядов ЭВБ как бассейна в целом, так и отдельных частных его водосборов. При этом оценка средних имеет вид:

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

где $\bar{X}$ – среднеемноголетнее значение ЭВБ; n – продолжительность исходного временного ряда; τ – продолжительность перспективного отрезка времени; $\sigma_{\bar{X}_n}$ – оценка среднеквадратичной ошибки среднего исходного временного ряда; t_p – критерий достоверности Стьюдента для уровня вероятности p ; K – коэффициент уменьшения точности оценки в зависимости от продолжительности перспективного периода τ [5].

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

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

где σ_X – стандарт отклонения годовых величин ЭВБ для исходного ряда продолжительностью n лет.

Согласно второй гипотезе квазистационарность гидрологических процессов приводит к необходимости выявления циклов в колебаниях климатических и гидрологических характеристик и односторонних тенденций (трендов), свойственных отдельным фазам (подъема и спада) этих циклов, а также к установлению функциональных (корреляционных) связей между факторами внешнего воздействия (климатическими, антропогенными) и характером отклика (речным стоком).

Нестационарность (третья гипотеза) временных рядов ЭВБ речного бассейна формулируется следующим образом: по имеющейся информации о колебаниях ЭВБХ требуется оценить будущее значение ЭВБУ, стохастически связанной с X , т.е. X и Y имеют некоторое совместное распределение $L(X, Y)$. Исходным условием для решения поставленной задачи являются наблюдаемые ряды средних годовых и сезонных ЭВБ для характерных частных водосборов речного бассейна, привязанные во времени.

Результаты. В настоящей работе прогнозная оценка изменения ЭВБ речного бассейна осуществлена по различным вариантам. Согласно первому варианту исследования выполнена оценка изменения ЭВБ бассейна р. Волги до г. Волгограда вероятностно-статистическим методом. Как следует из таблицы 2, за период 1914/1915-2060/2061 гг. ($n = 147$ лет) возможный диапазон изменения среднеемноголетней величины атмосферных осадков составляет от 688 до 642 мм/год. В результате для первой половины XXI в. (период с 2001/2002-2060/2061 гг., $n = 60$ лет) возможное изменение годовых осадков составит от 721 до 608 мм/год.

В таблице 2 приведена оценка возможного изменения среднеемноголетних величин ЭВБ бассейна р. Волги до г. Волгограда для $\tau = 20, 40$ и 60 лет, $t_{0,95} = 1,98$ и $K = 1,02$ ($\tau = 20$ лет), $1,13$ ($\tau = 40$ лет) и $1,20$ ($\tau = 60$ лет) в соответствии с рекомендациями [5].

Аналогично для речного стока диапазон изменения составляет 206-176 мм/год, или для периода 2001/2002-2060/2061 гг. – от 227 до 154 мм/год; для испарения – соответственно 486...462 и 503...444 мм/год, а для изменения бассейновых влагозапасов – ± 14 мм/год.

Таблица 2

**Оценка среднемноголетних годовых
условно-естественных величин ЭВБ бассейна р. Волги
для первой половины XXI в. в условиях неизменности климата, мм/год**

ЭВБ	Период			
	1914/1915- 2000/2001 гг. $\bar{X} \pm t_{95} \sigma_{\bar{X}}$	1914/1915- 2020/2021 гг. $\bar{X} \pm t_{95} K \sigma_{\bar{X}}$	1914/1915- 2040/2041 гг. $\bar{X} \pm t_{95} K \sigma_{\bar{X}}$	1914/1915- 2060/2061 гг. $\bar{X} \pm t_{95} K \sigma_{\bar{X}}$
Осадки, $\bar{D}$	665±19	665±20	665±21	665±23
Сток, $\bar{R}$	191±12	191±13	191±14	191±15
Испарение, $\bar{E}$	474±10	474±10	474±11	474±12
Изменение влагозапасов, $\bar{\Delta V}$	0±12	0±12	0±14	0±14

Второй вариант исследования включает в себя предположение о квазистационарном развитии гидрометеорологических процессов. Как известно, Всемирная метеорологическая организация (ВМО) в качестве периодов, характеризующихся относительной стационарностью климатических условий, рекомендует использовать 30-летние отрезки времени. В связи с этим была рассмотрена динамика средних 30-летних значений годового условно-естественного

стока р. Волги – г. Волгоград за период 1881/1882-2000/2001 гг. (табл. 3).

Как видим, рассматриваемый период характеризуется положительным линейным трендом средних 30-летних величин годового стока, описываемым уравнением вида:

$$R_{cp}^{(30)} = 0,20t_{cp}^{(30)} + 177, \quad R^2 = 0,83 \quad (3)$$

где $t_{cp}^{(30)}$ – средний временной индекс последовательных 30-леток, равный соответственно 15,5, 45,5, 75,5, 105,5 и 60,5.

Таблица 3

**Средний 30-летний естественный годовой сток р. Волги у г. Волгограда
за 1881/1882-2000/2001 гг., мм/год**

Средний 30-летний сток	30-летки				1881/1882- 2000/2001 гг.
	1881/1882- 1910/1911 гг.	1911/1912- 1940/1941 гг.	1941/1942- 1970/1971 гг.	1971/1972- 2000/2001 гг.	
$R_{cp}^{(30)}$	183	183	189	201	189
$k_{cp}^{(30)}$	0,97	0,97	1,00	1,06	1,00

Предположим, что выявленный тренд сохранится и в первой половине XXI в. В результате получим следующие оценки средних 30-летних величин годового стока (табл. 4). Как видим, в целом за первую половину XXI в. среднемноголетний сток р. Волги составит 207 мм/год (282 куб. км/год),

т.е. увеличится на 18 мм/год (25 куб. км/год) по отношению к среднему стоку за период наблюдений (1881/1882-2000/2001 гг.). В целом же за период 1881/1882-2060/2061 гг. (N = 180 лет) средний годовой сток составит 195 мм/год (265 куб. км/год), т.е. увеличится на 6 мм/год (8 куб. км/год).

Таблица 4

**Средний 30-летний естественный годовой сток р. Волги
в первой половине XXI в., мм/год**

Средний сток за 30-лет	30-летки		2001/2002-2060/2061
	2001/2002-2030/2031	2031/2032-2060/2061	
R_{cp}	204	210	207

Допустим в качестве альтернативы такому увеличению стока р. Волги в первой половине XXI в., что выявленный положитель-

ный тренд 30-летних средних годового стока после 2000 г. сменится отрицательным трендом с интенсивностью снижения стока, рав-

ной его интенсивности в случае положительного тренда (6 мм за 30 лет). Тогда для первых двух 30-леток XXI в. средний сток составит 192 и 186 мм/год (261 и 253 куб. км/год), а средний сток за 2001/2002-2060/2061 гг. – 189 мм/год (257 куб. км/год). Таким образом, в целом за период 1881/1882-2060/2061 гг. среднемноголетний годовой естественный сток будет равен стоку, наблюдавшемуся на всем протяжении XX в., т.е. в этом случае о существенном изменении климата в бассейне р. Волги говорить не приходится. Будут иметь место свойственные ему циклические колебания – чередование фаз потопления и похолодания разной интенсивности. Так ли это будет в действительности, покажут данные метеорологических и гидрологических наблюдений в первые десятилетия XXI в.

Третий вариант исследования направлен на использование результатов сценариев климатических моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО). В настоящее время для оценки возможных изменений глобального и, как следствие, регионального климата в XXI в. для различных сценариев антропогенного увеличения концентрации парниковых газов в атмосфере широко используются модели МОЦАО. С учетом вышеизложенного нами были проанализированы и сопоставлены возможные варианты изменения ЭВБ, полученные по вышеуказанным методам (вероятностно-статистическому, осредненных значений ЭВБ) за 30-летний период и результатам сценарием различных климатических моделей СМIP 3 и СМIP 5 [3]. С этой целью рассмотрены и использованы результаты ансамбля из 16 глобальных моделей МОЦАО 3-го поколения (СМIP-IPCC, 2007) для сценариев роста парниковых газов и аэрозоля SRESB1, A1B и A2.

В качестве сценариев выброса парниковых газов рассматривались варианты A2, A1B и B1. Сценарное семейство A1 содержит описание будущего мира, характеризующегося быстрым экономическим ростом и увеличением населения Земли, показатели которого достигают пиковых значений в середине XXI в. а с последующим уменьшением, а также быстрым внедрением новых и более эффективных технологий. По сценарию A2 развитие мира проходит при сохранении местной самобытности и опоры на собственные природные ресурсы, а также при постоянном росте общей численности населения в мире. Экономическое развитие имеет региональную направленность, а экономиче-

ский рост в расчете на душу населения и технологические изменения более фрагментарны и происходят медленнее по сравнению с другими основными сюжетными группами. В результате такого развития ожидается значительное увеличение концентрации основных парниковых газов в атмосфере. Сценарий B1 содержит описание движущегося в одном направлении мира с таким же, как и в сюжетной линии A1, глобальным населением, которое достигает максимальной численности к середине XXI в., а затем уменьшается, однако при быстрых изменениях в экономических структурах в направлении сервисной и информационной экономики с уменьшением материальной интенсивности и внедрением экологически чистых и ресурсосберегающих технологий. В настоящее время A2 рассматривается как самый «жесткий», A1B – как промежуточный, B1 – как «мягкий» сценарии.

Годовой сток бассейна р. Волги в целом (до г. Волгограда) в начале первой половины XXI в. (2011-2030 гг.) изменяется от 198 мм до 202 мм для самого «жесткого» сценария A2, а для более «мягкого» сценария A1B годовой сток р. Волги изменяется от 194 мм до 200 мм. Для середины первой половины XXI в. сток р. Волги изменяется от 200 мм до 211 мм.

Как следует из таблицы 5, при использовании данных сценария A2 для начала первой половины XXI в. (2011-2030 гг.) среднемноголетнее значение речного стока бассейна верхней Волги составит 229 мм (52 км³/год), а для середины первой половины XXI в. (2041-2060 гг.) норма стока изменится до 243 мм (56 км³/год). При использовании данных промежуточного сценария A1B в начале первой половине XXI в. норма стока бассейна верхней Волги изменяется до 225 мм (51 км³/год), а для середины первой половины XXI века – норма стока составит 242 мм (55 км³/год) при базовом значении стока 229 мм (52 км³/год).

Анализируя данные по стоку, приведенные в таблице 5, применительно к бассейну р. Камы для самого «жесткого» сценария A2, мы установили, что норма стока по отношению к базовому периоду в начале первой половины XXI в. увеличивается соответственно на 8 мм/год (3,0 км³/год), а для середины первой половины XXI в. – соответственно на 24 мм/год (8,9 км³/год). В отношении самого «мягкого» сценария B1 получено, что среднемноголетнее значение стока

бассейна Камы в начале первой половины XXI в. Изменится до 4 мм (1,5 км³/год), для середины первой половины XXI в. норма стока увеличится до 36 мм (13,4 км³/год).

Проведенные исследования по оценке изменения речного стока бассейна р. Волги с использованием различных вариантов прогнозирования показали, что норма стока бас-

сейна р. Волги в целом за период 2011-2030 гг. может изменяться от 176 до 204 мм/год по вероятностно-статистическому методу; от 198 до 205 мм/год – по уравнениям зависимости речного стока от климатических факторов с использованием результатов сценариев климатических моделей; 207 мм/год – по методу тенденций (трендов) (табл. 5).

Таблица 5

Оценка изменения речного стока бассейна р. Волги в первой половине XXI в. различными методами (в числителе – мм/год, в знаменателе – км³/год)

Период	Метод тенденций (трендов)	Вероятностно-статистический метод	Климатические модели 3-го поколения (CMIP 3)			Климатические модели 5-го поколения (CMIP 5)		
			Сценарии			Сценарии		
			A2	A1B	B1	RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 8.5
Бассейн р. Волги в целом (до г. Волгограда) (норма стока за базовый период – 190 мм/год (258,4 км³/год))								
2011-2030 гг.	<u>207</u>	<u>176-204</u>	<u>200</u>	<u>198</u>	<u>202</u>	<u>202</u>	<u>202</u>	<u>205</u>
	281	239-277	272	269	275	275	275	279
2041-2060 гг.	<u>214</u>	<u>174-206</u>	<u>210</u>	<u>217</u>	<u>208</u>	<u>214</u>	<u>202</u>	<u>217</u>
	291	237-280	289	295	283	291	275	295
Бассейн Верхней Волги (норма стока за базовый период – 229 мм/год (52,4 км³/год))								
2011-2030 гг.	<u>246</u>	<u>210-248</u>	<u>229</u>	<u>225</u>	<u>238</u>	<u>229</u>	<u>238</u>	<u>238</u>
	56	48-57	52	51	54	52	54	54
2041-2060 гг.	<u>255</u>	<u>207-251</u>	<u>243</u>	<u>242</u>	<u>237</u>	<u>246</u>	<u>251</u>	<u>245</u>
	58	47-58	56	55	54	56	58	56
Бассейн р. Камы (норма стока за базовый период – 253 мм/год (93,9 км³/год))								
2011-2030 гг.	<u>277</u>	<u>231-275</u>	<u>261</u>	<u>257</u>	<u>257</u>	<u>261</u>	<u>261</u>	<u>265</u>
	103	86-102	97	95	95	97	97	98
2041-2060 гг.	<u>288</u>	<u>229-277</u>	<u>277</u>	<u>290</u>	<u>289</u>	<u>278</u>	<u>282</u>	<u>290</u>
	107	85-103	103	108	107	103	105	108

За период 2041-2060 гг. норма стока р. Волги изменится от 174 до 206 мм/год по вероятностно-статистическому методу; от 202 до 217 мм/год – по уравнениям зависимости речного стока от климатических факторов с использованием результатов сценариев климатических моделей; 214 мм/год – по методу тенденций (трендов) норма стока бассейна р. Волги за базовый период (1914/15-2010/11 гг.), 190 мм/год (258 км³/год). Как следует из этих результатов, для периода 2011-2030 гг. норма стока может повышаться на 17 мм/год (23 км³/год), но может и понижаться на 14 мм/год (19 км³/год), а для периода 2041-2060 гг. рост нормы стока составит 27 мм/год (36 км³/год) (табл. 5).

Выводы

По данным результатов исследований, основанных на вариантных расчетах прогнозных методик, среднемноголетнее значение стока бассейна р. Волги в целом изменяется для периода 2011-2030 гг. от 5 до 10%, для

периода 2041-2060 гг. – от 6 до 14%. А для такого частного водосбора, как бассейн р. Камы, эти изменения составляют в пределах от 2 до 9% для периода 2011-2030 гг., от 10 до 15% – для периода 2041-2060 гг. Если эти результаты сопоставить с данными других авторов, то они не противоречат результатам этих исследований. Например, исследователями ГГИ установлено, что для будущих изменений годового стока на ближайшие 10-15 лет (с использованием водобалансовой модели) для водосборов средних рек, расположенных в различных физико-географических зонах, нет оснований ожидать каких-либо значительных изменений водных ресурсов этих рек в результате антропогенного потепления климата. Аналогичные результаты были получены в результате обобщения материалов по шести крупным рекам, в том числе и для бассейна р. Волги. Так, для р. Волги на период 2011-2030 гг. по сценарию A2 прогнозируется изменение стока от –2 до +5%.

Библиографический список

1. Смирнов Н.П., Малинин В.Н. Водный баланс атмосферы как гидрологическая задача. Л.: Изд-во ЛГУ, 1988. 197 с.
2. Водные ресурсы России и их использование / Под ред. И.А. Шикломанова. СПб.: Гос. гидрол. ин-т, 2008. 600 с.
3. Изменение климата и водные ресурсы: Технический документ Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). Женева, 2008. 228 с.
4. Исмаилов Г.Х., Муращенко Н.В. К теории и методологии формирования элементов водного баланса речного бассейна в условиях меняющегося климата // Экология. Экономика. Информатика: Сборник статей: В 2-х т. Т. 1: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. Вып. 1. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2016. С. 615-623.

5. Семёнов С.М. Гидрогеологические прогнозы в системе мониторинга подземных вод / Отв. ред. В.С. Ковалевский. М.: Наука, 2005.

Материал поступил в редакцию 06.03.2017 г.

Сведения об авторах

Исмаилов Габил Худуш оглы, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Гидрология, гидрогеология и регулирование стока», ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 19; тел.: 8(499) 976-23-68; e-mail: gabil-1937@mail.ru

Муращенко Наталья Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Гидрология, гидрогеология и регулирование стока», ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 19; тел.: 8(499) 976-23-68; e-mail: splain75@mail.ru

G.KH. ISMAIYLOV, N.V. MURASCHENKOVA

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian State Agrarian University named after C.A. Timiryazev», Moscow

FORECAST SIMULATION OF WATER BALANCE ELEMENTS USING DATA ARRAY OF METEOROLOGICAL OBSERVATIONS

There is considered an assessment of changes of water balance elements of the Volga River Basin as a whole up to the city of Volgograd and its private basins in the first half of the XXI century. The changes forecast of statistical characteristics of the water balance elements (EWB) of the Volga river basin is based on five meteorological data for a multi-year period of 1914/1915-2010/2011 years. There is fulfilled a comparison of values of the conditional – natural annual evaporation and under anthropogenic impact which allowed us to estimate the extent of this impact. Forecasting changes of statistical parameters EWB of the river basin is based on three concepts including the concept of stationary, quasi-stationary and non-stationary of hydro meteorological processes. When forecasting water balance elements the priority was given to global climate changing and its impact on the regional climate which in its turn affects the water resources of the Volga River basin. The average value of the annual runoff of the Volga River basin as a whole (up to the city of Volgograd) at the beginning of the first half of the XXI century (2011-2030 years) will change from 198 mm to 202 mm for the most «hard» A2 scenario. For a «softer» scenario A1B the norm of annual runoff of the Volga River will change from 194 mm to 200 mm, at the flow norm in the basic period (1914-15-2010-11 years) will be 190 mm/year (258 км³/year). For the middle of the first half of the XXI century (2041-2060 years) in case of the most «severe» scenario A2 the norm of annual runoff of the Volga river will change from 200 mm to 211 mm.

Elements of water balance, river flow, river basin, stationary, non-stationary, climate change, climate models.

References

1. Smirnov N.P., Malinin V.N. Vodny balance atmosfery kak hydrologicheskaya zadacha. L.: Izd-vo LGU, 1988. 197 s.
2. Vodnye resursy Rossii i ih ispoljzovanie / Pod reda. I.A. Shiklomaniva. SPb.: Gos. hydrol. in-t, 2008. 600 s.
3. Izmenenie klimata i vodnye resursy: Tehnichesky document Mezhpriavitel'stvennoj gruppy ekspertov po izmeneniyu klimata (MGEIK). Zheneva, 2008. 228 s.
4. Ismaiyllov G. Kh., Murashchenko N.V. K teorii i metodologii formirovaniya elementov vodnogo balanca rechnogo bas-

seina v usloviyah menyayushchegosya klimata // *Ecologiya. Ekonomika. Informatika: Sbornik statej*: V 2-h t. T. 1: Sistemy analiz i modelirovanie ekonomicheskikh i ekologicheskikh system. Vyp. 1. Rostov n/D: Izd-vo YUNTS RAN, 2016. S. 615-623.

5. Semenov S.M. Hydrogeologicheskie prognozy v sisteme monitoring podzemnyh vod / Otv. red. V.S. Kovalevsky. M.: Nauka, 2005.

The material was received at the editorial office
06.03.2017

Information about the authors

Ismailylov Gabil Khudush ogly, doctor of technical sciences, professor, head of the chair «Hydrology, hydrogeology and flow regulation», FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19; tel.: 8(499) 976-23-68; e-mail: gabil-1937@mail.ru

Murashchenkova Natalja Vladimirovna, candidate of technical sciences, associate professor, head of the chair «Hydrology, hydrogeology and flow regulation», FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19; tel.: 8(499) 976-23-68; e-mail: splain75@mail.ru

УДК 502/504:621.65.02

Э.Е. НАЗАРКИН, В.В. СУШКО, О.Н. ПОМЕРАНЦЕВ

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

РЕГУЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА ПУТЕМ ПОДАЧИ ВОЗДУХА ВО ВСАСЫВАЮЩИЙ ТРУБОПРОВОД

Целью данного исследования являлось изучение способа регулирования работы центробежного насоса путем изменения параметров всасывающего трубопровода посредством впуска воздуха для повышения энергоэффективности работы насосных установок. Был проведен сравнительный анализ существующих способов регулирования работы центробежных насосов. Отмечено, что вследствие недостаточной изученности метод регулирования центробежного насоса впуском воздуха во всасывающий трубопровод не получил распространения на практике несмотря на такие серьезные достоинства, как простота эксплуатации, минимальные затраты по установке и обслуживанию оборудования. По разработанной методике были проведены опытные исследования данного метода регулирования в лабораторных условиях. Результаты исследований для различных условий регулирования доз впускаемого воздуха были математически обработаны на основе теорий о центробежных насосах с использованием компьютерных программ. На основе этого анализа и обобщения полученных данных сделаны следующие выводы: регулирование центробежных насосов пуском воздуха не требует больших затрат на установку и эксплуатацию оборудования; производить регулирование работы центробежного насоса можно в пределах рекомендованной зоны, обусловленной снижением коэффициента полезного действия не более чем на 8% от максимального; регулирование в границах рекомендуемой зоны, определяемой кавитационным запасом, не приводит к возникновению кавитации. Данный способ регулирования в границах рекомендованной зоны позволяет регулировать напор в больших пределах: от 25 м³/ч до 30 м³/ч – при минимальной потере КПД.

Регулирование работы центробежного насоса, энергоэффективность, энергетические параметры, коэффициент полезного действия, впуск воздуха, кавитационный запас.

Введение. С развитием и укрупнением систем водоснабжения, а также с изменением режима работы насосных станций возникает необходимость регулирования подачи насосных агрегатов, так как они являются крупнейшими потребителями электроэнергии. В современном насосостроении актуальным является направление в совер-

шенствовании существующих и разработке новых способов регулирования работы насосов. [1].

В настоящее время во многих отраслях экономики используются насосные установки с центробежными насосами. Повышение энергоэффективности их работы – актуальная проблема на современном этапе разви-

тия промышленности и сельского хозяйства во многих странах.

Сегодня большинство насосов комплектуется современными устройствами для регулирования их работы (например, частотными преобразователями). Однако далеко не все могут позволить себе использование преобразователей частоты не говоря уже о том, что для них требуется подходящий электродвигатель. Очень часто регулирование происходит путем дросселирования задвижкой на напорном патрубке. Данный способ является наиболее простым и распространенным и вместе с тем менее экономичным, так как часть напора впустую тратится на преодоление сопротивления задвижки, при этом уменьшается и рассеивается соответствующая мощность.

Таким образом, известные методы регулирования (дросселирование, изменение оборотов двигателя, увеличение числа насосных агрегатов и др.) по ряду причин не всегда могут быть использованы на насосных станциях [2].

Существует также еще один способ регулирования насоса – регулирование работы центробежного насоса впуском воздуха во всасывающий трубопровод. Вследствие недостаточной изученности этот метод регулирования не получил распространение на практике несмотря на такие его серьезные достоинства, как простота эксплуатации, минимальные затраты по внедрению оборудования, удобство автоматизации.

Материалы и методы исследований.

Из практики эксплуатации известно, что подача, напор и КПД центробежного насоса при работе на водовоздушной смеси уменьшаются по сравнению с этими же параметрами насоса, перекачивающего воду.

Эксперименты, проведенные рядом авторов и полученные нами данные показывают, что при работе насоса на газожидкостной смеси происходит значительное снижение напора. Кривые $H-Q$ постепенно снижаются и сжимаются к центру. При этом происходит относительно небольшое снижение мощности, следовательно, происходит возрастание гидравлических потерь. Многие авторы связывают данное явление с появлением дополнительных затрат энергии на сжатие газа, увеличением вихревых зон, стеснением каналов рабочего колеса и ухудшением обтекания лопаток.

Испытания проводились на базе РГАУ-МСХА им К.А. Тимирязева, на кафедре сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения. Схема стенда для испытаний центробежного насоса приведена на рисунке 1.

Измерения проводились для двух различных случаев:

- проведение испытаний центробежного насоса без добавления воздуха;
- проведение испытаний центробежного насоса с добавлением различного количества воздуха.

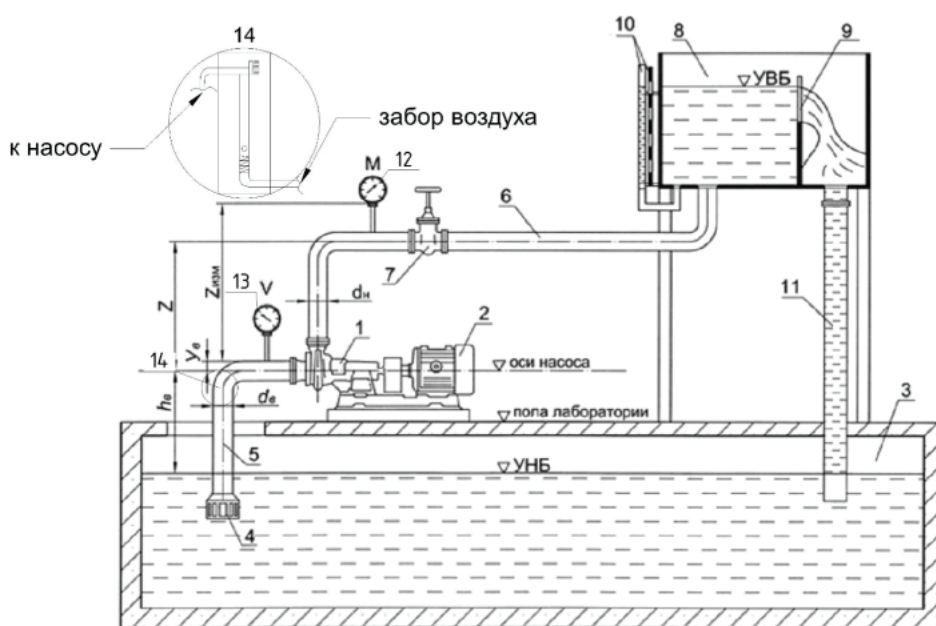


Рис. 1. Схема стенда для испытаний центробежного насоса:

- 1 – насос; 2 – электродвигатель; 3 – подземный бассейн; 4 – приемный клапан;
 5 – всасывающий трубопровод; 6 – напорный трубопровод; 7 – задвижка; 8 – напорный бак;
 9 – треугольный водослив; 10 – пьезометрический стакан с шпигунмасштабом;
 11 – сбросной трубопровод; 12 – манометр; 13 – вакуумметр; 14 – ротаметр

Установка для испытания центробежного насоса (рис. 2) является установкой открытого типа, т.е. забирает воду из открытого резервуара и подает ее по напорному трубопроводу в открытый резервуар. Воздух подавался через прибор ротаметр в количестве 0,5; 1; 1,5; 2 л/мин.

При проведении опытов измерялись такие параметры, как вакуум на входе в насос, давление на выходе из насоса, потребляемая мощность, подача насоса (при помощи треугольного водослива), подача воздуха. Режим работы насоса изменялся при помощи задвижки на напорном трубопроводе.

Данные, полученные в результате проведения опытов, сведены в таблицы 1-4. Подача насоса регулировалась дросселированием задвижки на напорном патрубке.

После обработки экспериментальных данных построены кривые $H - Q$, $N - Q$, $h - Q$ при работе с различным воздухоудержанием на входе в рабочее колесо.



Рис. 2. Стенд для проведения параметрических испытаний центробежного насоса

Таблица 1

Результаты измерений работы центробежного насоса с добавлением воздуха 0,5 л/мин

№№ п/п	Показания приборов	Ед. измер.	№ опытов									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Вакууметра P_v	атм	0.60	0.43	0.35	0.31	0.27	0.25	0.23	0.20	0.18	0.18
2	Манометра P_m	атм	0.20	2.20	2.50	2.65	2.80	2.90	2.97	2.90	2.80	0.00
3	Ваттметра W	кВт	0.80	0.88	0.81	0.79	0.74	0.70	0.68	0.62	0.59	0.50
4	Расходомера	л/с	5.00	4.50	4.00	3.50	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00	0.00
5	Частотомера	об/мин	2950	2945	2947	2948	2956	2952	2960	2962	2966	2965

Таблица 2

Результаты измерений работы центробежного насоса с добавлением воздуха 1,0 л/мин

№№ п/п	Показания приборов	Ед. измер.	№ опытов								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Вакууметра P_v	атм	0.60	0.41	0.35	0.30	0.27	0.25	0.23	0.20	0.18
2	Манометра P_m	атм	0.20	2.20	2.50	2.60	2.80	2.80	2.70	2.67	0.00
3	Ваттметра W	кВт	0.79	0.87	0.80	0.78	0.73	0.70	0.65	0.61	0.58
4	Расходомера	л/с	5.00	4.50	4.00	3.50	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00
5	Частотомера	об/мин	2950	2945	2946	2947	2954	2955	2960	2961	2963

Таблица 3

Результаты измерений работы центробежного насоса с добавлением воздуха 1,5 л/мин

№№ п/п	Показания приборов	Ед. измер.	№ опытов							
			1	2	3	4	5	6	7	8
1	Вакууметра P_v	атм	0.60	0.42	0.35	0.31	0.25	0.23	0.20	0.20
2	Манометра P_m	атм	0.20	2.20	2.50	2.60	2.65	2.55	2.55	2.40
3	Ваттметра W	кВт	0.79	0.86	0.80	0.78	0.71	0.68	0.65	0.60
4	Расходомера	л/с	5.00	4.50	4.00	3.50	3.00	2.50	2.00	1.50
5	Частотомера	об/мин	2952	2944	2946	2949	2953	2953	2964	2965

**Результаты измерений работы центробежного насоса
с добавлением воздуха 2,0 л/мин**

№№ п/п	Показания приборов	Ед. измер.	№ опытов						
			1	2	3	4	5	6	7
1	Вакуумметра Рv	атм	0.55	0.41	0.34	0.32	0.25	0.23	0.20
2	Манометра Рм	атм	0.20	2.15	2.50	2.40	2.65	2.35	2.40
3	Ваттметра W	кВт	0.79	0.85	0.80	0.75	0.71	0.68	0.65
4	Расходомера	л/с	5.00	4.50	4.00	3.50	3.00	2.50	2.00
5	Частотомера	об/мин	2952	2947	2948	2953	2954	2958	2965

Результаты испытаний центробежного насоса и всасывающей линии приведены на рисунке 3.

Из рисунка 3а следует, что кривая напора опускается ниже и сжимается к центру при добавлении большего количества воздуха. При этом мощность остается неизменной, а КПД немного снижается при увеличении

воздуха. На рисунке 3б отчетливо видим, что при увеличении количества впускаемого воздуха возрастают гидравлические потери во всасывающем трубопроводе.

С увеличением количества вводимого воздуха отмечена нестабильная работа насоса, и предположительно – возникновение кавитации.

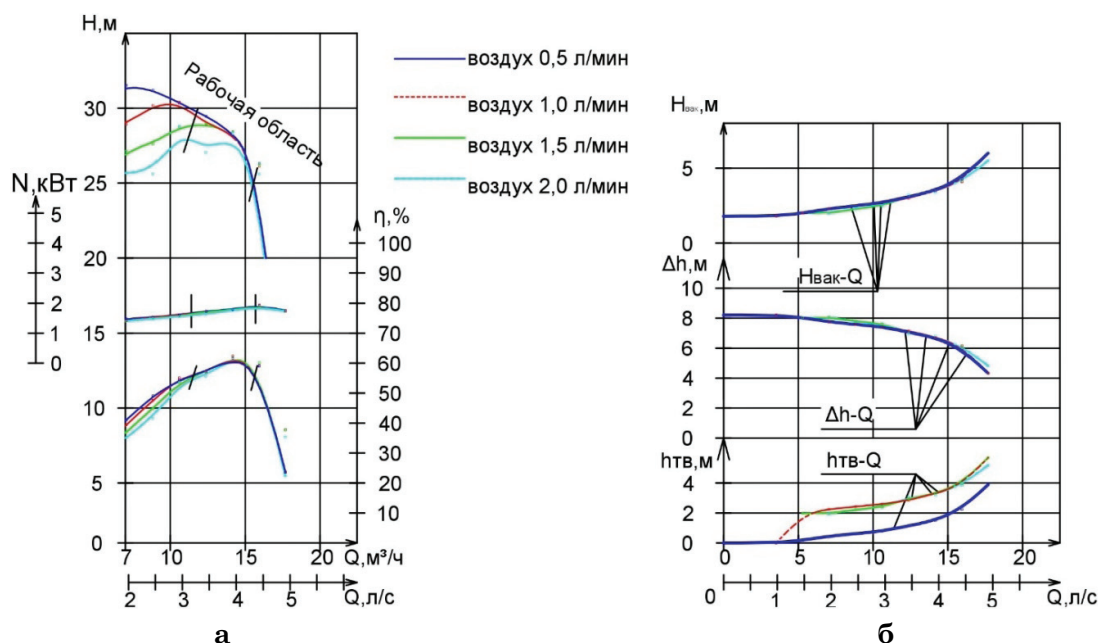


Рис. 3. Результаты испытаний центробежного насоса 2К-20/30:

а – графические характеристики энергетических параметров центробежного насоса 2К-20/30 при добавлении воздуха;

б – основные параметры всасывающего трубопровода при добавлении воздуха

Рассматривая рабочую зону работы центробежного насоса, можно заметить, что регулирование впуском воздуха при изменениях подачи в пределах рекомендуемой зоны (от 11,5 до 15,5 м³/ч) не приводит к возникновению кавитации и нарушению сплошности потока. При увеличении количества впускаемого воздуха работа насоса становится неустойчивой, появляется опасность разрыва водяного столба во всасывающей линии и, как следствие, срыв работы насоса.

При необходимости можно расширить рабочий интервал как в меньшую, так и в большую стороны (при подаче от 8 до 18 м³/ч), с условием предотвращения возникновения кавитации и разрыва водяного столба, однако такое решение неизбежно приводит к резкому уменьшению КПД.

Выводы

Поскольку рабочая зона не кавитирует, метод регулирования работы центробеж-

ного насоса путем впуска воздуха во всасывающий патрубок является аналогичным методу регулирования задвижкой на всасывающем трубопроводе.

По итогам проведенных испытаний можно сделать следующие выводы.

Регулирование центробежных насосов пуском воздуха не требует больших затрат на установку и эксплуатацию оборудования.

Производить регулирование работы центробежного насоса можно в пределах рекомендованной зоны, обусловленной снижением коэффициента полезного действия не более чем на 8% от максимального.

Регулирование в границах рекомендуемой зоны, определяемой кавитационным запасом, не приводит к возникновению кавитации.

Данный способ регулирования в границах рекомендованной зоны позволяет регулировать напор в больших пределах: от 25 м³/ч до 30 м³/ч – при минимальной потере КПД.

Библиографический список

1. Али М.С., Бегларов Д.С., Чебаевский В.Ф. Насосы и насосные станции: Учебник. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. 330 с.

2. Лезнов Б.С. Частотно-регулируемый электропривод насосных установок. М.: Машиностроение, 2013. 176 с.

Материал поступил в редакции. 24.04.2017 г.

Сведения об авторах

Назаркин Эдуард Евгеньевич, магистр, факультет природообустройства и водопользования ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 89017636798; e-mail: ednazarkin@mail.ru

Сушко Варвара Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 89031191101; e-mail: vsushko2011@mail.ru

Померанцев Олег Николаевич, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел. 8-4999761185, e-mail: pomegranates.oleg@gmail.com

E.E. NAZARKIN, V.V. SUSHKO, O.N. POMERANGES

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

REGULATION OF THE CENTRIFUGAL PUMP OPERATION BY AIR SUPPLY INTO THE SUCTION PIPELINE

The purpose of this study was to investigate the regulating method of the centrifugal pump operation by changing parameters of the suction pipeline by means of air intake to increase the energy efficiency of the pumping units operation. There was conducted a comparative analysis of the existing methods of regulation of the centrifugal pumps operation. It was noted that because of the insufficient studying the method of the centrifugal pump regulation by air intake into the suction pipeline was not widely spread in practice in spite of such significant advantages as simplicity of operation, minimal installation and maintenance costs. According to the developed technique, experimental studies of this method of regulation under laboratory conditions were carried out. The researched studies for various conditions of regulating intake air doses were mathematically processed based on the theories about centrifugal pumps using computer programs. Based on this analysis and generalization of the obtained data the following conclusions were drawn: regulation of centrifugal pumps by supply of air does not require large expenditures on installation and operation of equipment; it is possible to maintain regulation of the centrifugal pump operation within the recommended zone under the efficiency coefficient reduction by not more than 8 percent of the maximum; regulation within the recommended zone determined by the positive cavitation head does not lead to cavitation. This method of regulation within the boundaries of the recommended zone allows adjusting head within wide limits: from 25 m³/h to 30 m³/h – with a minimum loss of efficiency.

Regulation of the centrifugal pump operation, energy efficiency, energy parameters, efficiency, air intake, positive suction head.

References

1. Ali M.S., Beglyarov D.S., Chebaevsky V.F. Nasosy i nasosnye stantsii: Ucheb-nik. M.: Izd-vo RGAU-MSHA, 2015. 330 s.

2. Leznov B.S. Chastotno-reguliruemyy elektropriivod nasosnykh ustanovok, M.: Mashinostroyeniye, 2013. 176 s.

The material was received at the editorial office
24.04.2017

Information about the authors

Nazarkin Eduard Evgenjevich, holder of a master's degree, department of environmental engineering and water consumption FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev,

127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49; tel.: 89017636798; e-mail: ednazarkin@mail.ru

Sushko Varvara Vladimirovna, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of agricultural water supply i drainage, FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49; tel.: 89031191101; e-mail: vsushko2011@mail.ru

Pomeranges Oleg Nikolaevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of agricultural water supply i drainage, FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49; tel.: 8-4999761185, e-mail pomegranates.oleg@gmail.com

УДК 502/504:556.555.8:712.3

Э.С. БЕГЛЯРОВА, А.В. ДМИТРИЕВА, С.А. СОКОЛОВА

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

ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ БАССЕЙНА РЕКИ СЕРЕБРЯНКА

Дождевые и талые воды (поверхностный сток) с водосбора, с застроенных и промышленных площадок значительно загрязнены и не могут сбрасываться в водные объекты без ограничений. В конце XX в. пришло понимание необходимости очищать загрязненный поверхностный сток перед сбросом, т.к. он оказывается в водных объектах как в наиболее низкой точке поверхности. В России в качестве источника водопотребления используются открытые поверхностные водоёмы и реки, а Запад использует в питьевых целях большей частью воды подземных горизонтов. Отвод загрязненного поверхностного стока с его последующим обезвреживанием (очисткой) не только является инженерной и санитарной необходимостью, но и служит существенным мероприятием по предотвращению деградации водных объектов вследствие чрезмерного загрязнения вод. Нет альтернативы такому природному ресурсу, как вода. Пристальное внимание уделяется открытым водным объектам, расположенным на территориях с особым правом регулирования земель. Это совокупность территорий с преобладанием естественной растительности или водных поверхностей, выполняющих природоохранные, рекреационные, ландшафтнообразующие и оздоровительные функции, т.е. особо охраняемые природные территории. Целью исследований качества воды на рассматриваемой территории является разработка водоохраных мер и анализ рационального способа оздоровления природных водных объектов.

Особо охраняемая природная территория, ручей, пруд, водоём, очистные сооружения, обводной коллектор, подпитывающие скважины, мероприятия.

Введение. Серебрянка – главная водная артерия Измайловского лесопарка. Река определяет водный режим лесопарка, уникального лесного массива, одного из самых больших городских лесопарков Европы [1-3]. Через лесной массив р. Серебрянка протекает с ручьями-притоками. Наиболее протяженными притоками реки слева являются Красный ручей (2, 3 км) и Черный ручей (1,1 км), который частично заключен в бетонный коллектор (до шоссе Энтузиастов);

справа – Косинский ручей (0,8 км), а также Липитинский ручей (длина – не более 800 м в пределах Измайловского лесопарка). Другим правобережным притоком р. Серебрянка является ручей Ватной Фабрики (в подземном коллекторе). За пределами МКАД притоками Серебрянки являются ручей Редут, который начинается недалеко от земляных редутов Петра I, и Максинский ручей, русло которого начинается от границы поселка Совхоза имени Первого Мая (рис. 1).

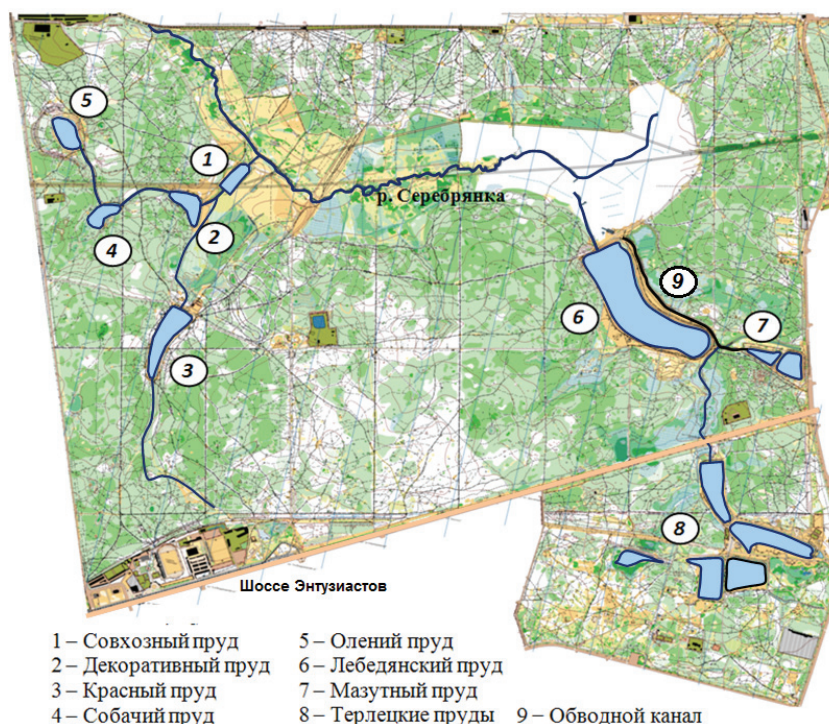


Рис. 1. Схема расположения основных водоемов в бассейне р. Серебрянки

На территории лесопарка в долине р. Серебрянки расположены многочисленные пруды и водоемы. Наиболее крупные из них – Терлецкие пруды, Лебедянский и Красный пруды. Общая площадь акватории сохранившегося каскада прудов, расположенных на ручье Черный и Красный, составляет 32,6 га. Кроме перечисленных

прудов, на левобережном притоке р. Серебрянки, ручье Красный, имеются 2 пруда (Совхозный и Красный) с общей акваторией 3,35 га, а также Декоративный и Собачий пруды (общая площадь акватории – 2,05 га), находящиеся в течении Собачьего ручья – левого притока Красного ручья (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика водоемов в бассейне р. Серебрянки

Река (ручей) Наименование водоема	НПУ, м	ФПУ, м	Площадь зеркала при НПУ, га	Средняя глубина, м	Объем при НПУ, млн м ³	Испарение млн м ³ /сезон
<u>Ручей Черный</u> Терлецкие пруды:						
№ 1 декоративный	150,7	-	1	1	0,01	0,005
№ 2	151,2	151,4	2,15	2	0,044	0,011
№ 3	150,6	150,8	2,3	2	0,048	0,012
№ 4	148,0	148,2	1,9	2	0,044	0,011
№ 5	156,7	146,9	2,5	3	0,07	0,015
Итого п. 1-5			9,85		0,216	0,054
<u>Река Серебрянка</u> Лебедянский пруд	142,8	143,3	15	3	0,45	0,07
<u>Ручей Красный</u> Красный пруд	145,7	146,2	2,1	2,5	0,053	0,011
Совхозный пруд	137,5	-	0,85	2	0,007	0,002
<u>Собачий ручей</u> Декоративный пруд	139,0	-	1,1	2	0,01	0,003
Собачий пруд	144,0	-	0,95	1,5	0,003	0,001
Олений пруд	146,0	-	1,3	1	0,025	0,001
Мазутный пруд	-	-	1,45	1,5	-	-

Почти вся площадь водосбора р. Серебрянки и ее притоков сейчас застроена жилыми и производственными зданиями, парк оказался в кольце транспортных магистралей. Русловой сток реки Серебрянки, поступающий в значительной части с застроенных и неблагоустроенных территорий, для наполнения прудов не используется ввиду его загрязнения.

Материалы и методы исследований.

В связи с опасностью загрязнения вод р. Серебрянки стоком с транспортных магистралей, застроенных территорий и воздушными выносами загрязняющих веществ основное русло реки и значительная часть притоков на водосборе заключены в подземные коллекторы. На территории Измайловского лесопарка р. Серебрянка протекает частично в открытом русле, частично – в искусственном канале.

Использование крупного пруда «Лебедянский» с акваторией 15 га в связи с отводом реки «обводным» (Мосинжпроект) каналом по правому берегу пруда и недостаточным водообменом в нем (рис. 1, поз. 9) ограничивается в соответствии с санитарными требованиями как «декоративного водоема», стихийного, не-

организованного купания и любительского рыболовства.

Часто Совхозный, Декоративный и Собачий пруды объединяют общим названием – «Декоративные пруды».

На притоке р. Серебрянки, ручей Черный, имеется каскад из четырех Терлецких прудов комплексного рекреационного назначения общей площадью 9,8 га и емкостью 0,2 млн м³ (потребный водообмен в жаркое лето составляет 1 млн м³). В связи с малым водосбором для обеспечения использования прудов в качестве купальных ранее наполнение их осуществлялось частично, из сети городского водопровода. Кроме того, рядом имеется благоустроенный декоративный пруд № 5 с площадью акватории 1 га. Все пруды используются для неорганизованного, любительского рыболовства. Сброс воды из пруда № 5 в Терлецком каскаде осуществляется в ручей Черный, проходящий в трубе под шоссе Энтузиастов.

Качество воды реки Серебрянка характеризуется рыбохозяйственными нормативами ПДК. По гигиенической классификации р. Серебрянка относится к умеренной степени загрязнения. Данные о характеристике качества воды приведены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели качества воды р. Серебрянки

Показатели качества воды, мг/л	Нормативы ПДК рыбохозяйственные, мг/л	Расчетные годы		
		1963-1965	1985	2009
Прозрачность, см	10	1	17,5	11
Взвешенные вещества	+0,25 к фону	20	31,2	57
Растворенный кислород	4,0	0,5	7,7	5,7
БПК ₅	3,0	5,0	7,2	27,2
Окисляемость ПМГ	5,0	8,9	0,8	15,8
Азот аммиака	0,39	0,8	0,63	2,75
Нефтепродукты	0,05	1,11	1,8	9,9
Медь	0,001	0,02	0,06	0,11
Цинк	0,01	0,06	0,3	0,25
Хром	0,001	-	-	0,22
Железо	0,1	1,31	0,75	6,2

Как следует из таблицы 2, наблюдается 10-100-кратное превышение концентраций по наиболее опасным загрязнителям: БПК, нефтепродуктам, цветным металлам, железу.

В настоящее время основными источниками поступления загрязнений в реку являются выбросы городского транспорта с близлежащих транспортных магистралей (МКАД, шоссе Энтузиастов), воздушные вы-

бросы ЗВ с промзон соседних районов, поверхностный сток с селитебной застройки бассейна, а также рекреационные нагрузки на лесопарк, которые выражаются в степени непосредственного влияния рекреантов, их транспортных средств на природный комплекс бассейна реки.

Результаты и обсуждение. Общей задачей схемы восстановления и охраны р. Серебрянки – главной водной артерии Из-

майловского лесопарка – является разработка мер по охране и рациональному использованию водных, природных ресурсов и обеспечение приоритета охраны вод как важнейшего жизненного фактора.

В качестве первоочередных мер по улучшению водообеспечения ВХС р. Серебрянки рассматривались разные варианты.

Один из вариантов – обводнение прудов для их использования как купальных водоемов – предусматривал подачу воды из Черкизовской (Северной) системы технического водоснабжения г. Москвы с водозабором из Клязьминского водохранилища. Система отдельных водоводов должна была

обеспечить необходимые обводнительные попуски в Терлецкие пруды, Лебедянский и Красный, а также Серебряно-Виноградный пруды с последующим сбросом обводнительных расходов в коллектор «Серебрянка-Хапиловка».

Рекомендуемый вариант повышения водообеспеченности рек и водоемов парка исходя из близкого расположения 1-го водоносного горизонта грунтовых вод (бурение скважин для обводнения прудов), с учетом разработки схемы новой водоотводящей системы ливнестоков с запроектированной системой дополнительных очистных сооружений, представлен на рисунке 3.

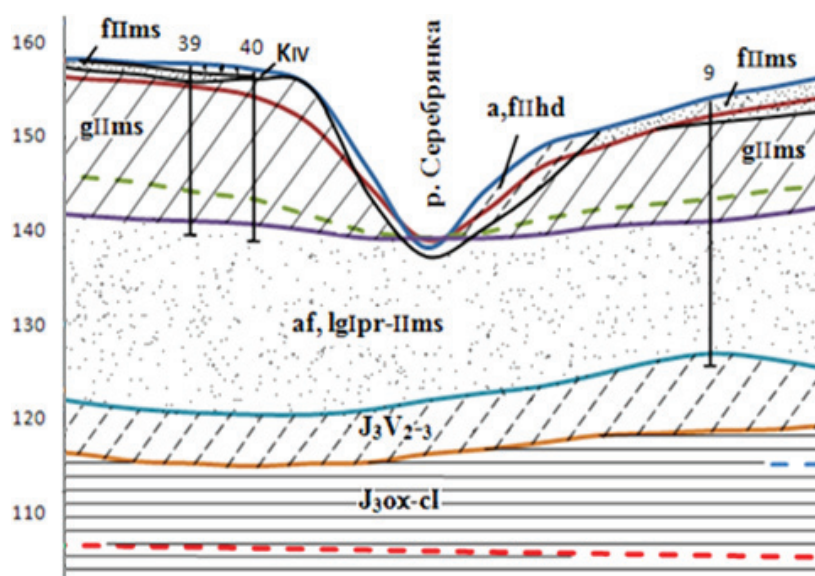


Рис. 2. Схематический геолого-гидрогеологический разрез

Проектные мероприятия предполагают:

- бурение и оборудование 2-х скважин для обводнения каскада Терлецких прудов;
- сооружение доочистки руслового стока р. Серебрянки для обводнения Лебедянского пруда;
- бурение и оборудование 2 скважин для обводнения пруда Лебедянский;
- реконструкция и сооружение биопрудов-отстойников в русле р. Серебрянки и на её притоках;
- бурение и оборудование 1 скважины для обводнения пруда Красный;
- бурение и оборудование режимной наблюдательной скважины в центральной части лесопарка;
- восстановление и очистка водосборной и гидрографической сети;
- водоохранные предупредительные мероприятия на водосборе;

- строительство очистных сооружений на транспортной, ливневой сети;
- реновация имеющихся прудов-отстойников (на Терлецких и Мазутном прудах);
- облесение и задерновка незастроенных территорий парка;
- расчистка заилений в водных объектах, предотвращение заболачивания.

Расчет загрязненного поверхностного стока включает в себя его степень загрязнения, общее количество и максимально часовой расход; по последнему принимают объем очистных сооружений ливнестоков [4, 5].

Концентрация загрязняющих веществ определяется как усредненная величина в общем количестве ливневых стоков. Инфильтрация поверхностного стока в грунтовые воды учитывается коэффициентом 0,7.

Степень загрязнения ливнестока характеризуется следующими данными: взве-

шенные вещества – 50 мг/л (зеленые поверхности и грунтовые покрытия – детские площадки), 120 мг/л (асфальт), нефтепродукты – 10 мг/л; кровля отдельных зданий – 10 мг/л. Поверхностный сток за теплый период составляет 696,3 тыс. м³.

Площадь рассматриваемого водосбора насчитывает 1485 га (на границах Измайловского парка) в т.ч. зеленые насаждения (а именно лес – 965,25 га; газон (луга) – 422,98; болота – 44,55 га); акватория прудов – 33,16 га; водные поверхности реки, ручьев – 0,53 га; грунтовые (игровые детские) площадки – 1,25 га; грунтовые дороги – 5,53 га; асфальтированные дороги – 4,65 га; кровля зданий – 7,31 га.

На очистные сооружения ливнестоков поступает дождевой сток с водосбора р. Серебрянки только первые 20 мин расчетного

дождя с интенсивностью 80 л/с×га при параметре повторяемости $p = 0,05$ (что составляет »70% всего объема стока как наиболее загрязненного), а остальной сток поступает непосредственно в водные объекты [4].

При продолжительности дождя более 20 мин излишки ливневого стока по обводному коллектору Æ 500 мм сбрасываются в р. Серебрянку.

Рекомендуемое проектное решение (рис. 3б) реконструкции водоотводящей схемы ливнестоков на территории лесопарка предусматривает подпитку Терлецких, Лебедянского и Красного прудов водой из обводнительных скважин. Также запроектированные очистные сооружения ливнестоков на притоках (Косинском, Липитинском и Красном ручьях) позволяют улучшить качество воды в основном русле Серебрянки.

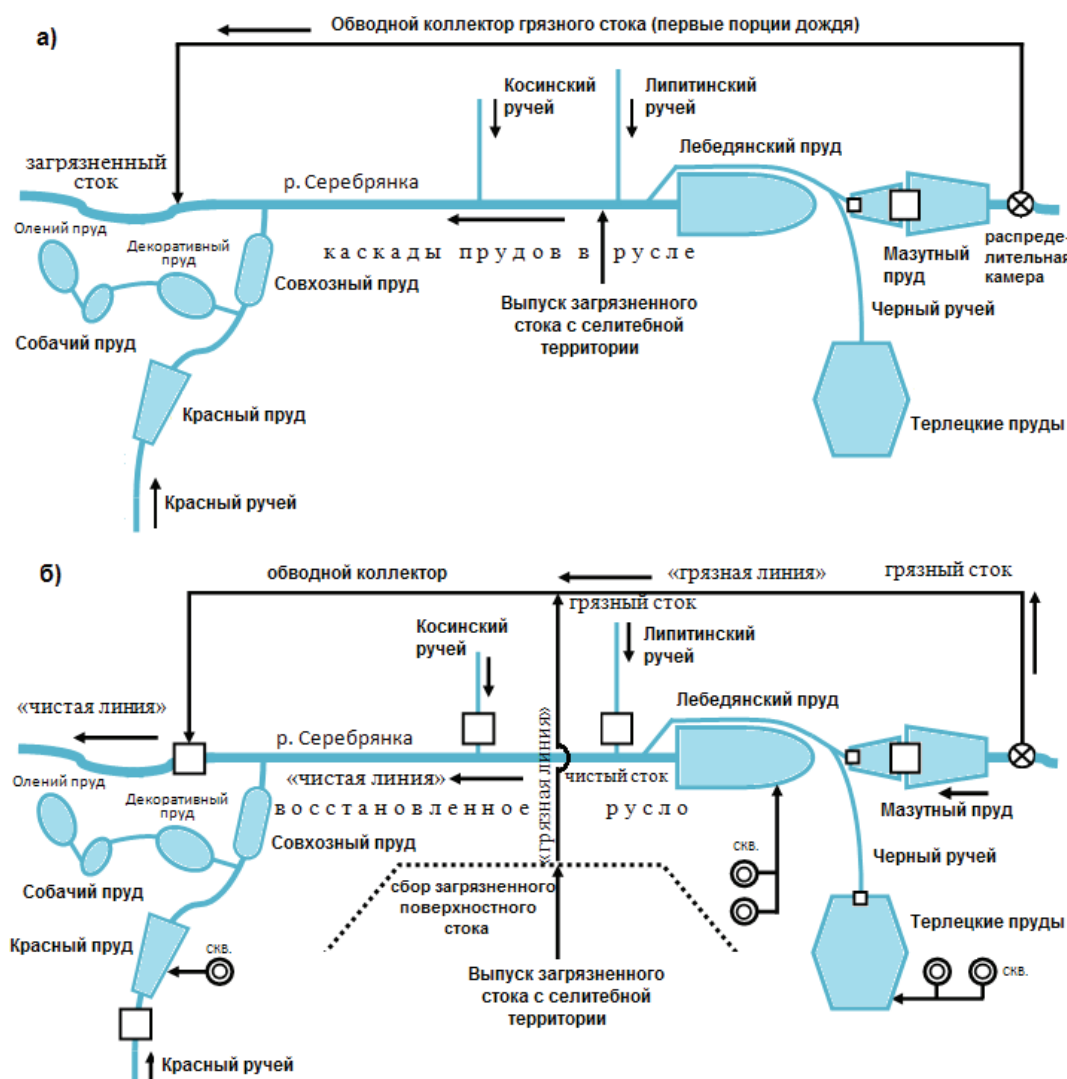


Рис. 3. Схема реконструкции водоотводящей системы ливнестоков лесопарка:

а) существующее положение; б) проектное решение

⊙ – подпитывающие скважины

□ – очистное сооружение

Как следует из проектной схемы рисунка 3, загрязненный сток не будет проходить через русло р. Серебрянки, так как распределительная камера перед Мазутным прудом загрязненные ливневые воды направляет в обводной коллектор грязного стока, в конце которого расположены очистные сооружения.

Через основное русло р. Серебрянки будут протекать очищенный сток с её притоков и бытовой сток самой Серебрянки.

Выводы

Предлагаемая схема, включающая в себя совокупность подпитывающих скважин и двухсекционных очистных сооружений (прудов-отстойников) для улавливания плавающих предметов, нефтепродуктов, наиболее загрязненной части дождевых паводков, позволит улучшить качество вод водных объектов на природоохранной территории.

Библиографический список

1. <http://mospark.ru/parki-2/parki-moskvy/parki-vao/izmajlovskij-les.html>
2. <http://www.mosgid.ru/nature/river/serebryanka.html>
3. Федеральный закон № 196-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» с изменениями и дополнениями от 2005 г. // Информресурс // www.ecoport.ru.
4. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок

предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. М.: ФГУП «НИИ ВОДГЕО», 2006. 61 с.

5. СанПиН 2.1.5.980-00. Водоотведение населенных мест: санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Утвержден Минздрав РФ от 22.06.2000 г. // <http://legallacts.ru/doc/sanpin-215980-00-215-vodootvedenie-naselennykh-mest-sanitarnaja/>

Материал поступил в редакцию 04.04.2017 г.

Сведения об авторах

Беглярова Эвелина Суреновна, кандидат технических наук, профессор кафедры комплексного использования водных ресурсов и гидравлики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 19; тел.: 8(499) 976-21-56.

Дмитриева Альбина Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры комплексного использования водных ресурсов и гидравлики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 19; тел.: 8(499) 976-21-56.

Соколова Светлана Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры комплексного использования водных ресурсов и гидравлики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 19; тел.: 8(499) 976-21-56; e-mail: sokolovasvetlana@mail.ru.

E.S. BEGLYAROVA, A.V. DMITRIYEVA, S.A. SOKOLOVA

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

WATER OBJECTS IN THE ESPECIALLY PROTECTED NATURAL TERRITORY OF THE RIVER SEREBRIANKA BASIN

The runoff formed on the built-up and industrial territories after rain and snow melting are considerably polluted and can't be drained in water objects unrestrictedly. Unfortunately it was understood by humanity only at the end of the XX century. A polluted runoff must be treated before it gets in water objects. It is actually for Russia where surface water objects are mainly used for water supplying. For example, in the Europe practice water supplying for drinking purposes water of underground sources is used. Therefore the pollution runoff is not only the engineering and sanitary necessity but an action to prevent water objects from degradation as a result of excessive pollution. It is very important because there are no alternatives to such natural resource as water. The close attention is paid to the surface water objects located in territories with a special legal of land regulation. It is territories with prevalence of natural vegetation or water surfaces which are carrying out a role of nature protection, zone recreation. They form landscapes and improve environment living of people. The aim of investigation of the water quality on the considered area is development of water

protection measures and analysis of the rational method of improvement of the ecological condition of water objects.

Especially protected natural territory, stream, pond, basin, treatment facilities, bypass collector, feeding wells, measures.

References

1. <http://mospark.ru/parki-2/parki-moskvy/parki-vao/izmajlovskij-les.html>
2. <http://www.mosgid.ru/nature/river/serebryanka.html>
3. Federalnyy zakon № 196-ФЗ «Osnovnye zakonnyye akty v oblasti okhrany prirodnih resursov» s izmeneniyami i dopolnениями ot 2005 g. // Inform-resurs // www.ecoportal.ru.
4. Rekomendatsii po raschetu sistem sbora, otvedeniya i ochistki poverhnostnogo stoka s selitebnykh territorij, ploshchadok predpriyatij i opredeleniyu uslovij vypuska ego v vodnye objekty. M.: FGUP «NII VODGEO», 2006. 61 s.
5. SanPiN 2.1.5.980-00. Vodootvedenie naselennykh mest: sanitarnaya okhrana vodnykh objektov. Gigienicheskie trebovaniya k okhrane poverhnostnykh vod. Utverzhden Minzdrav RF ot 22.06.2000 g. // <http://legalacts.ru/doc/sanpin-215980-00-215-vodootvedenie-naselennykh-mest-sanitarnaja/>

The material was received at the editorial office
04.04.2017

Information about the authors

Beglyarova Evelina Surenovna, candidate of technical sciences, professor of the department of complex usage of water resources and hydraulics; HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19; tel.: 8(499) 976-21-56.

Dmitrieva Albina Vladimirovna, candidate of technical sciences, associate professor of the department of complex usage of water resources and hydraulics, HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19; tel.: 8(499) 976-21-56.

Sokolova Svetlana Anatoljevna, candidate of technical sciences, associate professor of the department of complex usage of water resources and hydraulics; HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19; tel.: 8(499) 976-21-56; e-mail: sokolovasvetlana@mail.ru.

УДК 502/504:627.5:532.57

Н.В. ХАНОВ, А.Г. ЖУРАВЛЁВА

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

МВУЙЕКУРЕ ЖАН КЛОД

Государственный университет Бурунди, факультет инженерных наук», г. Бужумбура

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ КРЕПЛЕНИЙ НИЖНЕГО БЬЕФА ТРУБЧАТЫХ ВОДОВЫПУСКОВ С ГАСИТЕЛЯМИ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ

Рассмотрены задачи проектирования и строительства креплений нижнего бьефа с помощью гасителей энергии ударного действия за концевыми частями трубчатых водовыпусков. Уточнены геометрические размеры многосекционного гасителя ударного действия для заданного расхода, дано обоснование расположения его основных частей. Предложено в конце многосекционного гасителя использовать элементы усиленной шероховатости на рисберме и порог в ее конце для достижения равномерного распределения скоростей за рисбермой. Даны методика их расчетного обоснования и проектирования, прогноз развития воронки местного размыва; определена длина участка дополнительного крепления.

Гасители энергии ударного действия, трубчатые водовыпуски, строительство креплений нижнего бьефа гасителей энергии.

Введение. Использование конструкций креплений нижнего бьефа трубчатых водовыпусков с гасителями ударного действия считается надежным, когда конкретно определены геометрические параметры всех составляющих элементов. Эта идея является основной при устройстве и эксплуатации концевых частей трубчатых водовыпускных сооружений, оборудованных многосекционными гасителями ударного действия. Отказ от лабораторных экспериментов многосекционного гасителя ударного действия может привести к тяжелым последствиям, вызывающим частичное или полное разрушение сооружения [1-3].

Цель исследований. Совершенствование конструкций многосекционного гасителя ударного действия и детальное изучение кинематической структуры потока за сооружением, а также разработка методик их расчетного обоснования и проектирования.

Методология и методы исследований. На основании анализа ранее выполненных работ концевых частей трубчатых водопропускных сооружений, оборудованных гасителями ударного действия, было установлено, что конструкция водовыпуска нуждается в совершенствовании, в более глубоком изучении специфики кинематической структуры потока как в самом сооружении, так и в его нижнем бьефе [3]. Было принято решение о необходимости исследований как гидравлических условий работы нижнего

бьефа, так и переформирования дна канала ниже водовыпуска.

Одним из основных направлений лабораторных исследований являлось изучение кинематической структуры потока за многосекционным гасителем ударного действия в случаях отсутствия элементов искусственной шероховатости и порога на рисберме, а также с использованием элементов искусственной шероховатости и порога, расположенных на рисберме, при различных пропускаемых расходах [3].

Исследуемый многосекционный гаситель ударного действия в полном составе был изготовлен из оргстекла толщиной 10 мм. Модель состояла из трех камер (рис. 1), каждая из которых имела следующие размеры: ширина одной секции $b_s = 230$ мм; длина гасителя $l = 330$ мм; высота гасителя $h = 175$ мм. Кроме геометрических параметров гасителя, были приняты следующие размеры элементов шероховатости и порога: ширина одного элемента $b_g = 30$ мм; расстояние между элементами равно ширине одного элемента $W_l = 30$ мм; расстояние между рядами элементов $L = 98,5$ мм; высота элемента $h_g = 16$ мм; число рядов элементов $N_r = 4$; количество элементов на рисберме в одном ряду $N = 12$ шт.; высота порога $J = 42$ мм; ширина порога понизу $g_s = 105$ мм; ширина порога поверху $m = 21$ мм. В ходе лабораторных исследований необходимо было определять гранулометрический состав грунта для моделирования размыва [3, 4].

Результаты исследований и рекомендации. Результаты исследований предложенной конструкции гасителя с элементами шероховатости и порогом на рисберме (рис. 1в) показали более надежные результаты с точки зрения гидравлических условий работы со значениями коэффициен-

та Кориолиса $\alpha = 1,0 \div 1,2$ [3] в сравнении с моделями исследований без искусственных шероховатостей (рис. 1б), где значения $\alpha = 1,0 \div 1,5$ [3] и значения коэффициента кинетической энергии, полученные А. Мосбахом, которые изменялись в диапазоне $\alpha = 1,0 \div 1,5$ [5].

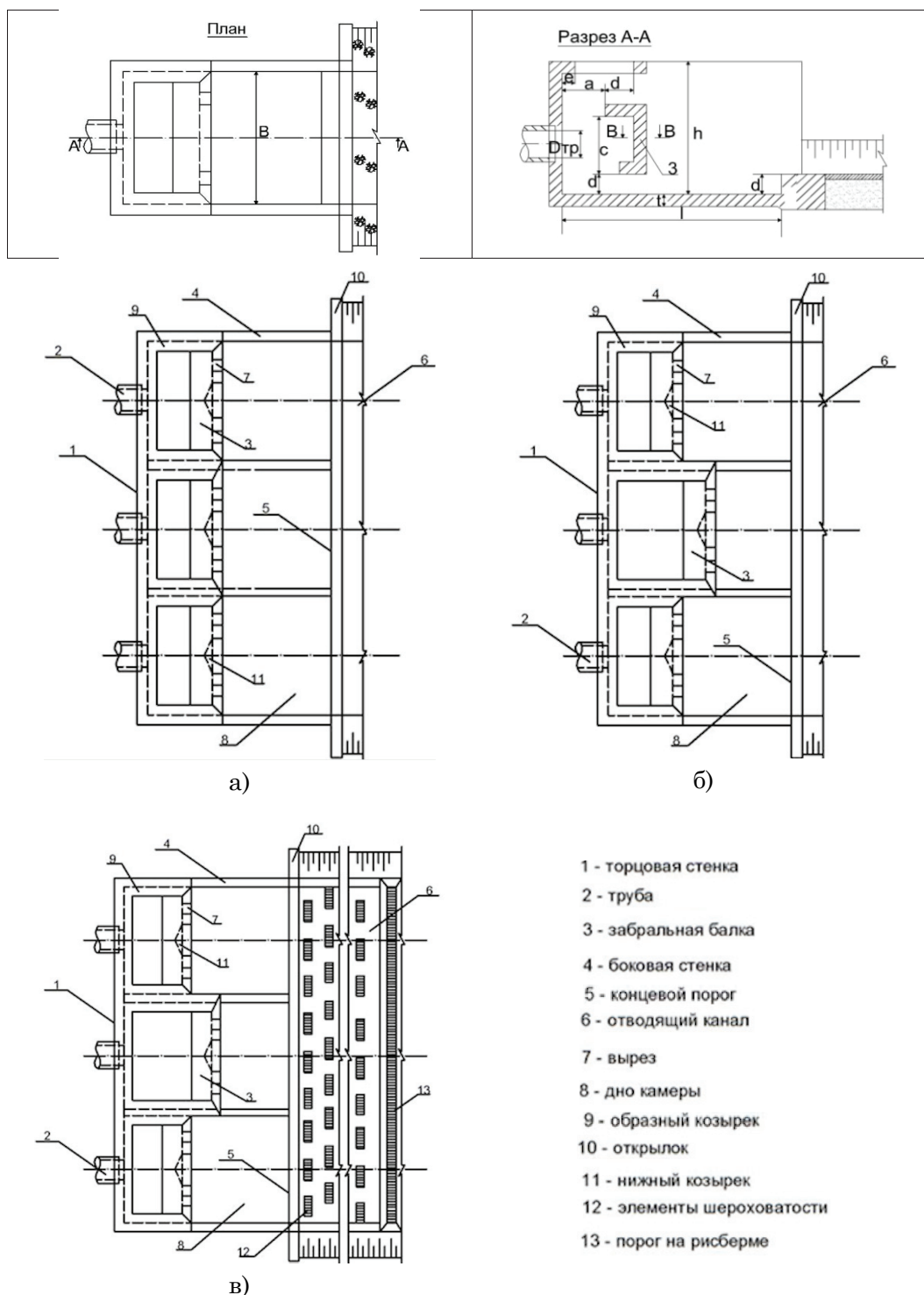


Рис. 1. Варианты исследованных моделей многосекционного гасителя (вид в плане):

- а) забральная балка для всех секций расположена на одинаковом расстоянии $a + d$ от торцевой стенки; б) центральная забральная балка расположена на расстоянии $2,5 D_{mp}$ от торцевой стенки, а крайние забральные балки – на удалении $a + d$; в) конструкция гасителя с элементами шероховатости и порогом на рисберме

На основании анализа полученных лабораторных экспериментальных результатов, включающих в себя изучение кинематической структуры потока, процессов размыва в нижнем бьефе, эффективность работы конструкции многосекционного гасителя ударного действия, а также определение рациональной длины крепления за сооружением, нами предложены новые рекомендации по устройству концевых частей трубчатых водовыпускных сооружений. Расчетные размеры конструктивных элементов гасителя энергии ударного действия и крепления его нижнего бьефа рекомендуется определять по следующим зависимостям:

$$\begin{aligned} L_{рб} &= 1,435 b_e; h = 0,750 b_e; a = 0,333 b_e; \\ c &= 0,375 b_e; d = 0,167 b_e; e = 0,108 b_e; \\ f &= 0,500 b_e; P_1 = 0,140 b_e; P_2 = 0,087 b_e; \\ P_3 &= 0,087 b_e; S_1 = 0,422 b_e; S_2 = 0,090 b_e; \\ S_3 &= 0,05 b_e; h_s = 0,25 h_{н.б.ср}; l_{кр} &= (1,0...1,5) l_{нр}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $L_{рб}$ – длина рисбермы; b_e – ширина гасителя, которую выбирают в зависимости от расчетного расхода Q_p одного гасителя (в соответствии с рисунком 2); h_s – высота одного элемента повышенной шероховатости; $h_{н.б.ср}$ – средняя глубина потока в нижнем бьефе; $l_{кр}$ – длина крепления участка дополнительного дна за сооружением; $l_{нр}$ – длина прыжка.

При этом необходимо сначала определить ширину гасителя в зависимости от расчетного расхода Q_p (рис. 2) или по предложенной зависимости [5, 6]:

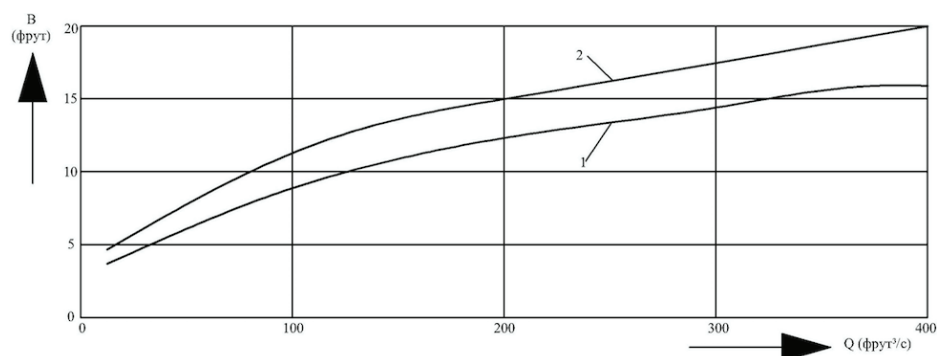
$$\frac{b_{г}}{D_{тр}} = 2,641 F_r^{0,284}, \quad (2)$$

где $b_{г}$ – ширина гасителя; $D_{тр}$ – диаметр трубы; F_r – число Фруда на входе потока в гаситель; $F_r = \frac{V^2}{g D_{тр}}$; V – скорость потока на выходе из трубы.

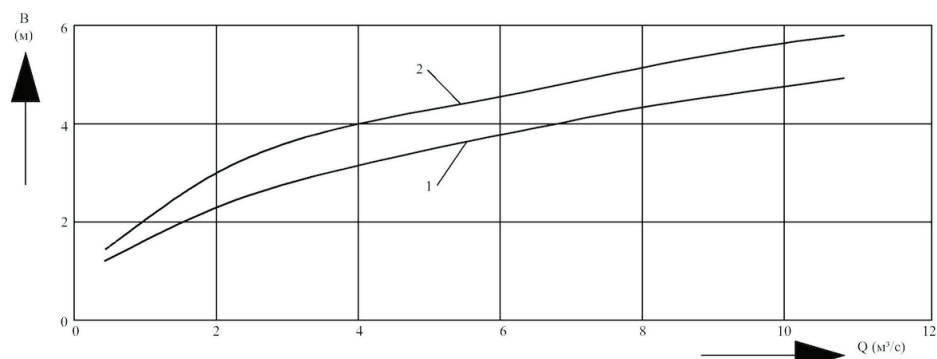
Центральную П-образную забральную балку гасителя ударного действия по результатам наших исследований целесообразно расположить на расстоянии $2,5 \cdot D_{тр}$ от торцевой стенки, а крайние – на расстоянии $a + d$ (рис. 3). Для защиты дна отводящего русла (канала) от размыва за многосекционным гасителем ударного действия длину рисбермы рекомендуется принимать как

$$L_{рб} = (1,4...1,5) b_e, \quad (3)$$

где b_e – ширина многосекционного гасителя ударного действия.



а)



б)

Рис. 2. Графики минимально допустимой (1) и максимальной рекомендуемой (2) ширины камеры гасителя энергии ударного действия конструкции Бюро мелиорации: а) по данным Бюро мелиорации; б) с пересчетом координат графика (а) в метрическую систему

Размеры элементов шероховатости (рис. 3) рекомендуется определять по зависимостям (4), (5) и таблице, предложенным университетом штата Колорадо. Зная ширину одной секции многосекционного гасителя и диаметр трубы, необходимо:

1) сначала определить число рядов элементов шероховатости поперек потока по зависимости

$$N_r = \frac{b_s}{D_{тр}}; \quad (4)$$

2) затем по таблице и значению N_r определить ширину b_s одного элемента шероховатости по зависимости $\frac{b_s}{D_{тр}}$, а расстояние между элементами принять равным ширине одного элемента;

3) подсчитать количество элементов N в одном ряду на рисберме, так как ширина её постоянна и принята равной ширине гасителя;

4) определить расстояние L между рядами элементов по зависимости

$$L_{рб.} = 2D_{тр.} + L \cdot N_r, \quad (5)$$

где $L_{рб.}$ – длина рисбермы;

5) по таблице 1 определить значение коэффициента лобового сопротивления C_L в соответствии с полученным значением N_r , затем найти высоту элементов шероховатости по зависимости $\frac{L}{h_s} = C_L$. При соблюдении условия, что высота элементов искусственной шероховатости в нижнем бьефе гасителя должна составлять от 0,31 до 0,91 от средней глубины потока, предлагаем также определять высоту одного элемента по зависимости

$$h_s = 0,25 \cdot h_{н.б.ср}, \quad (6)$$

где $h_{н.б.ср.}$ – средняя глубина потока в нижнем бьефе;

6) расположить первый ряд элементов искусственной шероховатости на расстоянии $2D_{тр}$ от начала рисбермы для предотвращения отложения наносов на выходе из гасителя.

Размеры порога на краю рисбермы необходимо определять по зависимости, рекомендованной Н.П. Розановым для определения размеров зубьев Ребока [7], так как концевые пороги в плане можно располагать как нормально направлению тече-

ния, так и под углом к нему. Высота порога определяется по зависимости

$$J = (0,15 \dots 0,2) q \sqrt{\Delta h}, \quad (7)$$

где Δh – высота концевых порога рисбермы; q – удельный расход. Ширина порога по подошве $g_s = 2,5 J$; ширина порога по верху $m = \frac{1}{2} J$.

Длину крепления участка дополнительного дна за сооружением рекомендуется определять по формуле, предложенной Б.Ф. Карауловым, К.И. Россинским, И.А. Кузьминым:

$$l_{кр} = (1,0 \dots 1,25) \cdot l_{пр}. \quad (8)$$

При этом, с учетом анализа полученных нами результатов экспериментов лабораторных исследований, целесообразно принимать

$$l_{кр} = (1,0 \dots 1,3) \cdot l_{пр}, \quad (9)$$

где $l_{пр}$ – длина прыжка, которую можно определять по эмпирической формуле, например, предложенной А. Сафранец [8, 9]:

$$l_{пр} = 4,5 \cdot h^*, \quad (10)$$

где h^* – глубина потока в конце вальца.

Размеры элементов многосекционного гасителя ударного действия, полученные расчетным путем, рекомендуется округлять до целого числа из удобства проектирования сооружения.

Для прогнозирования местного размыва за многосекционным гасителем ударного действия с элементами шероховатости и порогом на рисберме прежде всего целесообразно определить значение допускаемых скоростей по формуле Б.И. Студеничкина для подбора размываемого грунта:

$$v_{доп} = 3,64 \sqrt{h_2 d_{ср}} \text{ при соотношении } \frac{h_2}{d_{ср}} \leq 600; \quad (11)$$

где h_2 – бытовая глубина потока в канале; $d_{ср}$ – средний диаметр частиц грунта.

Рекомендуется также наблюдать донные скорости, вызывающие удлинение воронки размыва; найти из донных скоростей максимальное значение для оценки качественной картины размыва за рисбермой, при этом определить параметры воронок местного размыва путем обработки полученных лабораторных данных с использованием следующих со-

отношений, предложенные в работе Мосбах Абдельхалим:

$$\frac{h_{er}}{h_r} = f \left[\frac{(v_{max} - v_{дон})}{\sqrt{gd_{неска}}} \right]; \quad (12)$$

$$\frac{L_{er}}{b_2} = f \left[\frac{(v_{max} - v_{дон})}{\sqrt{gd_{неска}}} \right]; \quad (13)$$

$$\frac{b_{er}}{b_2} = f \left[\frac{(v_{max} - v_{дон})}{\sqrt{gd_{неска}}} \right]; \quad (14)$$

где h_{er} – максимальная глубина фокуса воронки местного размыва; L_{er} – длина воронки вдоль направления

течения; b_{er} – ширина воронки в плане; b_2 – ширина многосекционного гасителя в плане; v_{max} – максимальная осредненная скорость потока на плановой эпюре скоростей после крепления; h_r – бытовая глубина потока в отводящем канале.

На основании полученных результатов по зависимостям (12), (13) и (14) целесообразно нанести кривые, которые можно использовать с учетом соотношения $(v_{max} - v_{дон})/\sqrt{gd_{сп}}$, чтобы определить значения максимальной глубины фокуса воронки местного размыва h_{er} , длины воронки вдоль по течению L_{er} и ее ширины в плане b_{er} .

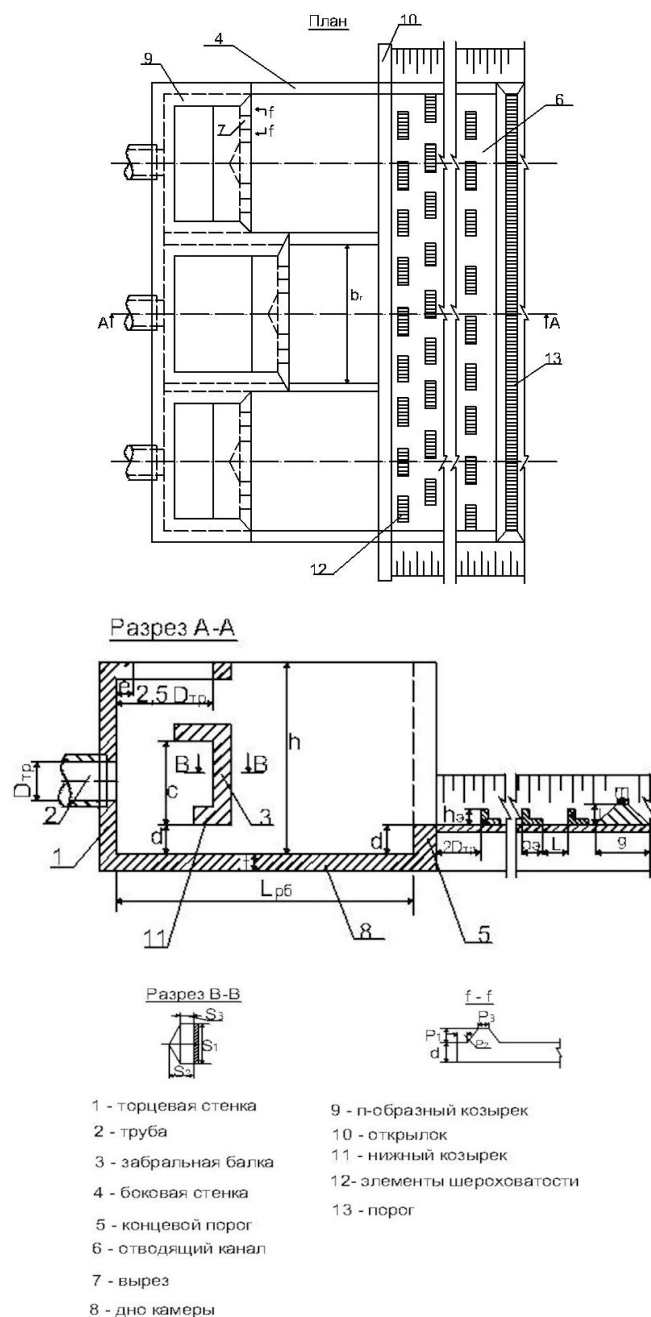


Рис. 3. Предлагаемая схема многосекционного гасителя ударного действия с элементами шероховатости и порогом на рисберме

Расчетные значения элементов шероховатости

WB/Wo			2 to 4			5			6			7		8
W1/Wo			0.57			0.63			0.6			0.58		0.62
Nr			4	5	6	4	5	6	4	5	6	5	6	6
N			14	17	21	15	19	23	17	22	27	24	30	30
Прямоугольные	h/Y _A	L/h	Коэффициент лобового сопротивления C _л											
	0.91	6	0.32	0.28	0.24	0.32	0.28	0.24	0.31	0.27	0.23	0.26	0.22	0.22
	0.71	6	0.44	0.40	0.37	0.42	0.38	0.35	0.40	0.36	0.33	0.34	0.31	0.29
	0.48	12	0.60	0.55	0.51	0.56	0.51	0.47	0.53	0.48	0.43	0.46	0.39	0.35
	0.37	12	0.68	0.66	0.65	0.65	0.62	0.60	0.62	0.58	0.55	0.54	0.50	0.45
Круглые	0.91	6	0.21	0.20	0.48	0.21	0.19	0.17	0.21	0.19	0.17	0.18	0.16	-
	0.71	6	0.29	0.27	0.40	0.27	0.25	0.23	0.25	0.23	0.22	0.22	0.20	-
	0.31	6	0.38	0.36	0.34	0.36	0.34	0.32	0.34	0.32	0.30	0.30	0.28	-
	0.48	12	0.45	0.42	0.25	0.40	0.38	0.36	0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	-
	0.37	12	0.52	0.50	0.18	0.48	0.46	0.44	0.44	0.42	0.40	0.38	0.36	-

Примечание. $W_o = D_{тр}$ – диаметр одной трубы, мм; $W_b = b_r$ – ширина одной из секций гасителя, мм; $W_1 = b_3$ – ширина одного элемента шероховатости, мм; L – расстояние между рядами элементов, мм; Y_A – глубина потока на выходе из рисбермы.

Выводы

1. Предложенные методики проектирования и строительства креплений нижнего бьефа за сооружением (многосекционный гаситель и рисберма с элементами шероховатости и порогом на ней) говорят о возможности их широкого использования для прогноза работы концевой участка трубчатых водопропускных сооружений.

2. Исследование переформирования нижнего бьефа за сооружением принятой нами конструкции позволило выявить характерные выгодные отличия его работы в сравнении с переформированиями русла за предложенными ранее гасителями аналогичной конструкции. Даже при использовании одинаковых методик расчетов результаты наших исследований с гидравлической точки зрения оказались более предпочтительными, чем в исследованиях Мосбаха Абдельхалима.

3. Результаты исследований предложенной конструкции гасителя с элементами шероховатости и порогом на рисберме показали надежные результаты с точки зрения гидравлических условий работы со значениями коэффициента Кориолиса $\alpha = 1,0 \div 1,2$ в сравнении с моделями первой серии исследований, где значения $\alpha = 1 \div 1,5$.

Можно отметить, что решена сложная задача обеспечения более эффективной работы нижнего бьефа, особенно при несимметричном пропуске расхода; наличие элемен-

тов шероховатости и порога на рисберме окончательно обеспечивало хорошее растекание потока при всех открытиях секций и лучшую энергогасящую способность конструкции.

4. В целом можно отметить, что выполненные комплексные исследования многосекционного гасителя энергии с элементами шероховатости и порогом на рисберме обеспечивают его устойчивость и позволяют установить диапазон рационального применения сооружения, а также усовершенствовать методику его расчетного обоснования.

Библиографический список

1. **Большаков В.А., Константинович Ю.М., Попов В.Н. и др.** Справочник по гидравлике. 2е изд., перераб. и доп.; Под ред. В.А. Большакова. Киев: Вища шк. головное изд-во, 1984. 343 с.
2. **Большаков В.А.** Справочник по гидравлике. Киев: Издательское объединение «Вища школа», 1977. 280 с.
3. **Мвуйекуре Ж.К.** Экспериментальное обоснование параметров гасителей ударного действия трубчатых водовыпусков: Дис. ...канд. техн. наук. М., 2016. 157 с.
4. **Гурьев А.П., Козлов Д.В., Ханов Н.В., Верхоглядова А.С.** Моделирование скального грунта при исследованиях местных размывов в нижнем бьефе водосброса № 2 Богучанской ГЭС // Приволжский научный журнал. 2011. № 3. С. 88-93.

5. **Мосбах А.** Совершенствование конструкций и методик расчетов концевых частей трубчатых водопропускных сооружений с многосекционными гасителями ударного действия: Дис. канд. техн. наук. М., 1993. 159 с.

6. **Петров Е.Ф.** Гаситель энергии ударного действия в концевых частях трубчатых водопропускных сооружений: Дис. канд. техн. наук. М., 1990. 242 с.

7. Гидротехнические сооружения: Учебное пособие; Под ред. Н.П. Розанова. М.: Агропромиздат, 1985. 432 с.

8. **Ухин Б.В., Мельников Ю.Ф.** Инженерная гидравлика: Учебное пособие; Под ред. Б.В. Ухина. М.: Издательство АСВ, 2011. 344 с.

9. **Зуйков А.Л., Волгина Л.В.** Гидравлика: Учебник для вузов: В 2 т. Т. 2: Напорные и открытые потоки. Гидравлика сооружений. М.: Изд-во МГСУ, 2015. 424 с.

Материал поступил в редакцию 17.01.2017 г.

Сведения об авторах

Ханов Нартмир Владимирович, доктор технических наук, заведующий кафедрой гидротехнических сооружений, профессор, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44; тел.: 8 (499)976-00-15; e-mail: nvkhanov@yahoo.com.

Журавлева Анна Геннадьевна (ZhuravlevaAnna), кандидат технических наук, профессор, доцент, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Б. Академическая, д. 44; тел.: +7 916 946 0766; e-mail: annagg@mail.ru.

Мвуйекуре Жан Клод, candidate of technical sciences, professor lecturer, «Ph.D», National University of Burundi «U.B», Bujumbura 1550, Avenue de l'UNESCO № 2; tel.: +(257) 22 22 20 59; e-mail: mvuyek@mail.ru.

N.V. KHANOV, A.G. ZHURAVLEVA

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

MVUYEKURE JEAN CLAUDE

State university Burundi, department of engineering sciences, Buzhumbura

RECOMMENDATIONS ON DESIGNING AND CONSTRUCTION OF DOWNSTREAM MOUNTING OF TUBULAR OUTLETS WITH IMPACT-ACTION ENERGY ABSORBERS

Problems of design and construction of downstream mounting by means of impact-action energy absorbers behind tubular outlets are considered. Geometric dimensions of a multiple-section impact-action absorber for the given flow are specified, there is given a substantiation of the location of its main parts. It is proposed to use elements of reinforced roughness at the end of the multi-section absorber on the apron and threshold at its end to achieve a uniform distribution of velocities behind the apron. There is given a method of their rated substantiation and design, prognosis of the funnel development of local erosion, the length of the additional fastening is determined.

Impact-action energy absorbers, tubular outlets, construction of downstream fastening of energy absorbers.

References

1. **Boljshakov V.A., Konstantinovich Yu.M., Popov V.N. and others.** Spravochnik po hydraulike. 2e izd., pererab. i dop.; Pod red. V.A. Boljshakova. Kiev: Вища shk. Golovnoe izd-vo, 1984. 343 s. Boljshakov.

2. **Boljshakov V.A.** Spravochnik po hydraulike. Kiev: Izdateljskoe objedinenie «Вища shkola», 1977. 280 s.

3. **Mvujekure J.C.** Experimentalnoe obosnovanie prametrov gasitelej udarnogo dejstviya trubchatyh vodovypuskov: Dis. ...cand. tehn. nauk. M., 2016. 157 s.

4. **Gurjev A.P., Kozlov D.V., Khanov N.V., Verhoglyadova A.S.** Modelirovanie skal'nogo grunta pri issledovaniyah mestnyh razmyvov v nizhnem bjefe vodosbrosa № 2 Boguchanskoj GES // Privolzhsky nuchny zhurnal. 2011. № 3. S. 88-93.

5. **Mosbah A.** Sovershenstvovanie konstruksij i metodik raschetov kontsevyh chastej trubchatyh vodopropusknih sooruzhenij s mnogosektsionnymi gasitelyami udarnogo dejstviya: Dis. cand. tehn. nauk. M., 1993. 159 s.

6. **Petrov E.F.** Gasitelj energii udarnogo dejstviya v kontsevyh chastyah trubchatyh

vodopropusknyh sooruzhenij: Dis. cand. tehn. nauk. M., 1990. 242 s.

7. Hydrotehnicheskie sooruzheniya: Uchebnoe posobie; Pod red. N.P. Rozanova. M.: Agropromizdat, 1985. 432 s.

8. **Ukhin B.V., Melnikov Yu.F.** Inzhenernaya hydraulika: Uchebnoe posobie; Pod red. B.V. Ukhina. M.: Izdatelstvo ASV, 2011. 344 s.

9. **Zujkov A.L., Volgina L.V.** Hydraulika: Uchebnik dlya vuzov: V 2 t. T. 2: Napornye i otкрытые потоки. Hydraulika sooruzhenij.. M.: Izdvo MGSU, 2015. 424 s.

The material was received at the editorial office
17.01.2017

Information about the authors

Khanov Nartmir Vladimirovich, doctor of technical sciences, the head of the

department of hydraulic structures, professor. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow, 127550, ul. Bolshaya Akademicheskaya, 44; tel.: 8 (499)976-00-15; e-mail: nvkhanov@yahoo.com.

Zhuravleva Anna Gennadjevna, candidate of technical sciences, professor, associate professor, FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. B. Akademicheskaya, d. 44; tel.: +79169460766; e-mail: annagg@mail.ru.

Mvuyekure Jean Claude, candidate of technical sciences, professor lecturer, «Ph.D», National University of Burundi «U.B», Bujumbura 1550, Avenue de l'UNESCO № 2; tel.: +(257) 22 22 20 59; e-mail: mvuyek@mail.ru.

УДК502/504:550.832.44:624.12:624.19:626/627

Д.Ж.А. НАЗИРОВ, С.К. ДАВЛАТШОЕВ

Проектно-изыскательный институт «Таджикэнергопроект», г. Душанбе, Республика Таджикистан

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГИХ, ДЕФОРМАЦИОННЫХ И ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВМЕЩАЮЩЕГО МАССИВА КАМЕРНЫХ ВЫРАБОТОК РОГУНСКОЙ ГЭС ЛАБОРАТОРНЫМИ И ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Участок створа Рогунского гидроузла сложен в основном крепкими малопроницаемыми песчаниками, алевролитами и аргиллитами нижнемелового возраста. Подземный машинный зал размещен на глубине 420 м на левом берегу реки Вахи под горным массивом. В инженерно-геологическом отношении характерной особенностью машинного зала является наличие литологических разностей пород: более прочных песчаников и менее прочных алевролитов. Коренные породы на участке здания ГЭС представлены толщей переслаивающихся песчаников и алевролитов нижнемелового возраста, слои которых наклонены в сторону нижнего бьефа под углом 65-75 град. Песчаники и алевролиты являются крепкими скальными грунтами: величина их сопротивления одноосному сжатию в образце равна соответственно (100-120 МПа и (60-80) МПа. Исследованы упругие, деформационные и прочностные характеристики камерных выработок, состоящих из алевролитов и песчаников, необходимых для расчетов напряженно-деформированного состояния вмещающего массива выработки, лабораторными, геотехническими и геофизическими методами. В результате исследований определены упругие, деформационные и прочностные характеристики алевролитов и песчаников, нарушенные трещиноватостью и не нарушенные трещиноватостью, а также зоны разгрузки пород, сохранный массив и относительно сохранный массив. Обобщены данные по результатам сейсмического профилирования по стенам выработки, сейсмической томографии целиков между выработками, а также сейсмического каротажа скважины. На основании полученных значений продольных и поперечных скоростей были оценены значения объемной и линейной трещинной пустотности вмещающего массива, а также определены модули деформации по второму циклу нагружения и суммарной деформации. На основании статистического анализа экспериментальных данных по составлению статических и динамических показателей деформируемости для различных типов пород выбрано уравнение, которое наилучшим образом описывает корреляционную зависимость. Соответственно для песчаников и алевролитов участка Рогунской ГЭС определены коэффициенты этого уравнения.

Упругость, деформация, прочность, алевролит, песчаник, лабораторные методы, геотехнические методы, геофизические методы, сейсмическое профилирование, сейсмическая томография.

Введение. Исследование упругих, деформационных и прочностных характеристик вмещающего массива горных пород заключается в определении количественных характеристик: модуль упругости E_y , деформации E , коэффициент Пуассона μ и т.п., – адекватно отображающих деформируемость горных пород и горных массивов при заданных условиях силовых воздействий, необходимых для расчетов напряженно-деформированного состояния. Определение вышеприведенных характеристик производится лабораторными, геотехническими и геофизическими (сейсмоакустическими) методами [1].

Методы и результаты исследований. Совместный анализ данных полевых работ, выполненных в 2009 г. и на более ранних стадиях строительства, а также данных лабораторных испытаний позволил определить упругие, деформационные и прочностные свойства пород для двух основных инженерно-геологических элементов вмещающего массива: алевролитов нижнеобигармской свиты (K_1ob_1) и толсто-плитчатых песчаников верхнеобигармской свиты (K_1ob_2) [2-4].

Упругие, деформационные и прочностные характеристики горных пород в «образце», определенные по результатам лабораторных исследований:

Алевролиты нижнеобигармской свиты (K_1ob_1)

- модуль упругости $E_y = 45 \cdot 10^3$ МПа;
- модуль деформации $E = 40 \cdot 10^3$ МПа;
- коэффициент Пуассона $\mu = 0,26$;
- прочность на одноосное сжатие $R_{сж} = 80-90$ МПа, для водонасыщенных пород $R_{сж} = 50$ МПа;

- сдвиговые характеристики: коэффициент трения $tg\varphi = 0,62-1,12$, сцепление $c = 0,41-0,70$ МПа;

- плотность $\rho = 2,66-2,72$ т/м³;

- скорость продольных волн $V_p = 5,50$ км/с;

- скорость поперечных волн $V_s = 3,00$ км/с.

Песчаники верхнеобигармской свиты (K_1ob_2)

- модуль упругости $E_y = 30-40 \cdot 10^3$ МПа;
- модуль деформации $E = 27-35 \cdot 10^3$ МПа;
- коэффициент Пуассона $\mu = 0,26$;
- прочность на одноосное сжатие $R_{сж} = 120-130$ МПа, для водонасыщенных пород $R_{сж} = 90$ МПа;

- сдвиговые характеристики: коэффициент трения $tg\varphi = 0,62-1,12$, сцепление $c = 0,41-0,70$ МПа;

- плотность $\rho = 2,59-2,64$ т/м³;

- скорость продольных волн $V_p = 5,20-5,40$ км/с;

- скорость поперечных волн $V_s = 3,00$ км/с.

Упругие, деформационные и прочностные характеристики горных пород в «массиве», в условиях естественного залегания, определенные по данным полевых геомеханических и геофизических исследований:

Алевролиты нижнеобигармской свиты (K_1ob_1)

а) в сохранившем массиве

- модуль упругости $E_y = 10,0-12,0 \cdot 10^3$ МПа;

- модуль деформации $E = 7,5-9,0 \cdot 10^3$ МПа;

- скорость продольных волн $V_p = 3,80-4,00$ км/с;

- скорость поперечных волн $V_s = 2,00-2,20$ км/с;

б) в трещиноватом массиве

- модуль упругости $E_y = 6,5-8,0 \cdot 10^3$ МПа;

- модуль деформации $E = 5,0-6,0 \cdot 10^3$ МПа;

- скорость продольных волн $V_p = 3,40-3,60$ км/с;

- скорость поперечных волн $V_s = 1,75-1,85$ км/с;

в) в зоне техногенной разгрузки

- модуль упругости $E_y = 2,2 \cdot 10^3$ МПа;

- модуль деформации $E = 1,5 \cdot 10^3$ МПа;

- скорость продольных волн $V_p = 2,20$ км/с;

- скорость поперечных волн $V_s = 1,00$ км/с.

Песчаники верхнеобигармской свиты (K_1ob_2)

а) в сохранившем массиве

- модуль упругости $E_y = 14,5-17,0 \cdot 10^3$ МПа;

- модуль деформации $E = 11,0-13,0 \cdot 10^3$ МПа;

- скорость продольных волн $V_p = 4,00$ км/с;

- скорость поперечных волн $V_s = 2,30$ км/с;

б) в трещиноватом массиве

- модуль упругости $E_y = 11,5-14,0 \cdot 10^3$ МПа;

- модуль деформации $E = 8,5-10,5 \cdot 10^3$ МПа;

- скорость продольных волн $V_p = 3,50-3,80$ км/с;

- скорость поперечных волн $V_s = 1,80-2,00$ км/с;

в) в зоне техногенной разгрузки

- модуль упругости $E_y = 5,5 \cdot 10^3$ МПа;

- модуль деформации $E = 4,0 \cdot 10^3$ МПа;

- скорость продольных волн $V_p = 2,80$ км/с;

- скорость поперечных волн $V_s = 1,50$ км/с.

Обобщенные данные по результатам сейсмического профилирования и сейсмической томографии приведены в таблице 1.

Нижнеобигармские алевролиты изучены сейсмическим профилированием по стенам машинного зала на уровне подкрановой балки (абс. отм. 987 м), сейсмической томографией между машинным залом (абс. отм. 987 м) и трансформаторным помещением (абс. отм. 1000 м), и сейсмическим каротажем в створах на ПК0+10, 0+22,7 0+32 в машинном зале. По результатам

этих исследований для не нарушенных трещиноватостью пород значения скоростей в зоне разгрузки мощностью 2-3 м на уровне подкрановой балки, 4-5 м в стенах и до 10 м над сводом составляют 2900-4000 м/с для продольной волны и 1500-2010 м/с – для поперечной, вне этой зоны $V_p = 3800-5300$ м/с, $V_s = 2000-2800$ м/с. На участках влияния трещин значения этих величин понижаются до $V_p = 3000$ м/с и $V_s = 1500$ м/с в зоне разгрузки (мощностью 1,5-2 м на уровне

не подкрановой балки и 6-10 м в стенах) и $V_p = 3200-4000$ м/с, $V_s = 1650-2100$ м/с за ее пределами.

Верхнеобигармские песчаники изучены сейсмическим профилированием и томографией, а также сейсмическим каротажем в створах машинного зала на ПК0 + 47, 0 + 56 (ПК1 + 45,6 в трансформаторном помещении), 0 + 70,7, 0 + 80 (ПК1 + 24,6 в ТП), 0 + 94, 1 + 07,4 (0 + 95 в ТП), 1 + 18,7, 1 + 28 (0 + 73 в ТП), 1 + 42,7, 1 + 81,6.

Таблица 1

Обобщение полученных данных сейсмоакустических исследований

породы	состояние	степень нарушения	зона	$\rho, \text{г/см}^3$	μ	$h, \text{м}$	$V_p, \text{м/с}$	$V_s, \text{м/с}$	$E_d, \text{Мпа}$	$E_{II}, \text{МПа}$	$E_z, \text{МПа}$	$\eta, \%$	$k, \%$
алевроиты	К1об1	породы, не нарушенные трещиноватостью	зона разгрузки	2,50	0,33	1,5-10	$\frac{2900 - 4000}{3300}$	$\frac{1500 - 2010}{1650}$	$\frac{14000 - 27000}{18000}$	$\frac{3100 - 7700}{4500}$	$\frac{2400 - 5700}{3300}$	7	2
			сохранный массив	2,59	0,31	---	$\frac{3800 - 5300}{4170}$	$\frac{2000 - 2800}{2200}$	$\frac{27000 - 53000}{33000}$	$\frac{6700 - 16900}{8600}$	$\frac{5700 - 14100}{7500}$	4	1
		породы, нарушенные трещиноватостью	зона разгрузки	2,45	0,33	2-10	3000	1500	15000	3400	2600	9	3
			относительно сохранный массив	2,52	0,32	---	$\frac{3200 - 4000}{3500}$	$\frac{1650 - 2100}{1800}$	$\frac{18000 - 28000}{22000}$	$\frac{4100 - 7700}{5300}$	$\frac{3300 - 6000}{4300}$	6	2
песчаники	К1об2	породы, не нарушенные трещиноватостью	зона разгрузки	2,50	0,35	1-7	$\frac{2600 - 4100}{3300}$	$\frac{1300 - 2060}{1600}$	$\frac{11000 - 27000}{17000}$	$\frac{3400 - 11900}{6500}$	$\frac{1700 - 5700}{3100}$	7	2
			сохранный массив	2,61	0,31	---	$\frac{4000 - 4900}{4400}$	$\frac{2060 - 2520}{2300}$	$\frac{30000 - 45000}{36000}$	$\frac{11100 - 19400}{14400}$	$\frac{6600 - 11300}{8400}$	3	1
		породы, нарушенные трещиноватостью	зона разгрузки	2,40	0,33	2-10	$\frac{2400 - 3000}{2700}$	$\frac{1210 - 1510}{1350}$	$\frac{9200 - 14400}{11700}$	$\frac{2700 - 5000}{3700}$	$\frac{1300 - 2500}{1900}$	11	4
			относительно сохранный массив	2,57	0,32	---	$\frac{3500 - 4280}{3900}$	$\frac{1800 - 2200}{2000}$	$\frac{22000 - 33000}{27000}$	$\frac{7700 - 13300}{10300}$	$\frac{4300 - 7500}{5700}$	5	2

На участках, не нарушенных трещиноватостью, значения скоростей упругих волн составляют $V_p = 2600-4100$ м/с и $V_s = 1300-2060$ м/с для зоны разгрузки (мощностью до 7 м на уровне стен и до 10 м в сводовой части) и $V_p = 4000-4900$ м/с, $V_s = 2060-2520$ м/с вне этой зоны. На участках влияния трещин значения этих величин составляют $V_p = 2400-3000$ м/с и $V_s = 1210-1510$ м/с, за ее пределами $V_p = 3500-4280$ м/с,

$V_s = 1800-2200$ м/с. В присводовой части машинного зала, по данным сейсмического каротажа, выделяется зона со значениями скоростей $V_p = 4000-5130$ м/с, $V_s = 2060-2700$ м/с, связанная, очевидно, с проведенными здесь укрепительными мероприятиями (цементация, анкеровка) и обжатием пород.

На основании полученных значений продольных скоростей были оценены значения объемной и линейной трещинной пустотности вмещающего массива, а также определены модули деформации по второму циклу нагружения и суммарной деформации.

При расчетах объемной трещинной пустотности исследуемый массив представлялся в виде дискретной среды, состоящей из сохранных (монолитных) блоков, разделенных трещинами с известным заполнителем. Тог-

да, зная для скорости продольных волн в сохранных блоках V_T , среднюю скорость продольной волны в массиве V_1 и в заполнителе трещин (пустот) V_3 , можно определить величину объемной трещинной пустотности для зон интенсивной и слабой разгрузки:

$$\eta = \frac{V_3 * (V_m - V_1)}{V_1 * (V_m - V_3)}.$$

Исходя из ранее полученных результатов исследований для расчетов принята скорость в монолитном блоке $V_T = 6000$ м/с, в заполнителе $V_3 = 500$ м/с. Эти значения взяты из произведенных ранее расчетов для пород основания Рогунской ГЭС (Обобщение и анализ имеющихся данных о напряженном состоянии массива пород на участке основных подземных выработок и конвергенции стенок машинного зала Рогунской ГЭС: Технический отчет ЦСГНЭО. М., 2012).

Исходными данными для определения модуля деформации служат измеренные значения скоростей продольных V_p и поперечных V_s сейсмического диапазона, частота, также величина плотности ρ . Непосредственно по измеренным величинам V_p и V_s по формулам теории упругости вычис-

ляются динамический модуль упругости E_d и динамический коэффициент Пуассона μ :

$$\mu = \frac{1 - 2 * \left(\frac{V_s}{V_p} \right)^2}{2 * \left(1 - \left(\frac{V_s}{V_p} \right)^2 \right)};$$

$$E_d = V_p^2 * \rho * \frac{(1 + \mu)(1 - 2\mu)}{1 - \mu}.$$

Статистический анализ экспериментальных данных по сопоставлению статических и динамических показателей деформируемости для различных типов пород показывает, что эти корреляционные зависимости наилучшим образом описываются уравнением типа

$$\lg E_{II} = a * \lg E_d + b,$$

где a и b – некоторые коэффициенты, определяемые для различных типов пород экспериментально.

Для песчаников и алевролитов участка Рогунской ГЭС переход от измеренных зна-

чений скорости V_p к модулю деформации, определенному по второму циклу нагружения, E_{II} выполняется на основании обобщенных уравнений связи при максимальной нагрузке 8 МПа в соответствии с выводами работы [1]:

$$\lg E_{II} = 1.231 * \lg E_d - 1.774.$$

Указанные соотношения между E_{II} и E_d с учетом различия коэффициентов Пуассона и плотности пород участка Рогунской ГЭС трансформированы в соответствующие зависимости $E_{II} = f(V_p)$ для сухих и водонасыщенных песчаников и алевролитов [4] (рис.).

Наряду со значениями E_d и E_{II} по формуле, выведенной академиком А.И. Савиным [1] $\lg E_s = 1.34 \lg(E_d * 10) - 2.521$, где коэффициенты взяты для максимальной нагрузки в 6 МПа, был рассчитан суммарный модуль деформации (E_s), характеризующий деформируемость пород при длительном действии нагрузок.

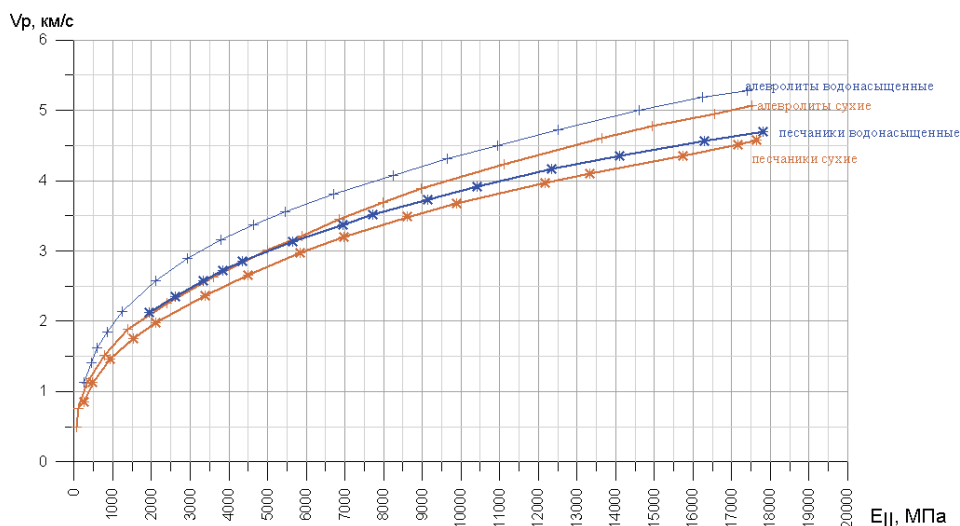


Рис. 1. Графики связи величины E_{II} со скоростями упругих волн V_p для алевролитов и песчаников Рогунской ГЭС

Выводы

1. На основании данных геофизических исследований (размеров зоны влияния выработки, скоростей упругих волн сейсмического и ультразвукового диапазонов частот) дана оценка показателей прочностных свойств для двух основных инженерно-геологических элементов массива, вмещающих машинный зал: алевролитов нижнеобигармской свиты (K_1ob_1) и толсто-плитчатых песчаников верхнеобигармской свиты (K_1ob_2), которые рекомендуются для использования при численных расчетах напряженно-деформированного состояния (НДС) подземного машинного зала.

2. Путем анализа имеющихся данных установлено, что наиболее ослабленными являются участки массива с объемной трещинной пустотностью 10% и более (что соответствует значению V_p меньше 2900 м/с и коэффициенту трещиноватости K_T более 3%). Таким образом, требующими проведения дополнительной цементации нужно считать следующие участки:

- зону разгрузки вокруг машинного зала на ПК от 0 + 70 до 1 + 91 на уровне подкрановой балки (по результатам сейсмического профилирования и каротажа);
- зону разгрузки стены со стороны верхнего бьефа в машинном зале в районе

ПК0 + 47 на абс. отм. 967,6-989,2 м (по результатам сейсмического каротажа);

- зону разгрузки стены со стороны верхнего бьефа в трансформаторном помещении в районе ПК1 + 24,6, на абс. отм. 993,9 м (по результатам сейсмического каротажа);

- выделенные по данным сейсмической томографии зоны влияния трещин между ПК0 + 70 на уровне подкрановой балки машинного зала (абс. отм. 987 м) и ПК1 + 55 трансформаторного помещения (абс. отм. 1000 м) и между ПК1 + 50 машинного зала (абс. отм. 987 м) и ПК0 + 70 трансформаторного помещения (абс. отм. 1000 м).

Библиографический список

1. Рекомендации по применению инженерной геофизики для изучения деформационных свойств скальных горных массивов / Под ред. А.И. Савича, Б.Д. Куюнджича. Москва-Белград: Изд-во «Гидропроект», 1985. 114 с.

2. Гамбурцев Г.А., Ризниченко Ю.В., Берзон И.С. и др. Корреляционный метод преломленных волн: Руководство для инже-

неров-сейсморазведчиков. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1952. 240 с.

3. Горяинов Н.Н., Ляховицкий Ф.М. Сейсмические методы в инженерной геологии. М.: Недра, 1979. 143 с.

4. Комплексные инженерно-геофизические исследования при строительстве гидротехнических сооружений // Под ред. А.И. Савича, Б.Д. Куюнджича. М.: Недра, 1990. 463 с.

Материал поступил в редакцию 03.03.2017 г.

Сведения об авторах

Назирова Джамшед Абдулвохидович, директор Проектно-изыскательного института «Таджикэнергопроект», 734061, Республика Таджикистан, г. Душанбе, Айни 29; e-mail: nazirov-69@mail.ru; тел.: +7 (992) 989990044.

Давлатшоев Саломат Каноатшоевич, главный инженер Проектно-изыскательного института «Таджикэнергопроект», 734061, Республика Таджикистан, г. Душанбе, Айни 29; e-mail: davlatshoev_s@mail.ru; тел.: +7 (992) 989991924.

J. NAZIROV, S. DAVLATSHOEV

Design-survey institute «Tajik energy project», Dushanbe, Republic of Tajikistan

INVESTIGATION OF ELASTIC, DEFORMATION AND STRENGTH CHARACTERISTICS OF THE CONTAINED ROCK MASSIF OF CHAMBER PITS OF THE ROGUN HPP BY LABORATORY AND GEOPHYSICAL METHODS

The dam site of the Rogun hydraulic unit is mainly formed of strong, low permeability sandstones, siltstones and argillites of the Lower Cretaceous. The underground turbine room is located at the depth of 420 meters on the left bank of the river Vakhsh under the rock massif. In the engineering-geological relation the characteristic feature of the turbine room is the presence of lithological differences of rocks: more durable sandstones and not strong enough siltstones. Solid rocks of the HPP building site are represented by the thickness of interstratified sandstone and siltstones of the Lower Cretaceous stratum, the layers of which are inclined at the angle of 65-75 degrees downstream. Sandstones and siltstones are considered to be strong rocky grounds: their resistance value to uniaxial compression in the sample is equal to correspondingly (100-120) MPa and (60-80) MPa. There are investigated elastic, deformational and strength properties of chamber pits consisting of siltstones and sandstones required for calculations of the deformation mode of the pit containing massif by laboratory, geotechnical and geophysical methods. As a result of investigations there were determined elastic, deformative and strength properties of siltstones and sandstones broken by jointing and not broken by jointing as well as zones of rocks unloading, preserved massif and a relatively preserved massif. The seismic profiling data along the walls of the pit, seismic tomography of pillars between pits as well as seismic logging of the well, have been summarized. On the basis of the received values of longitudinal and transverse velocities values of volumetric and linear cracking hollowness of the containing massif were estimated, as well as the modulus of deformation for the second loading cycle and total deformation were determined. Based on the statistical analysis of the experimental data on making static and dynamic indices of deformability for different types of rocks there was chosen an equation that describes a correlation dependence in the best way. Accordingly,

the coefficients of this equation were determined for the sandstones and siltstones of the Rogun HPP site.

Elasticity, deformation, strength, siltstone, sandstone, laboratory methods, geotechnical methods, geophysical methods, seismic profiling, seismic tomography.

References

1. Rekomendatsii po primeneniyu inzhenernoj geofiziki dlya izucheniya deformatsionnykh svoystv skalnykh gornyx massivov / Pod red. A.I. Savicha, B.D. Kuyundzhicha. Moskva-Belgrad: Izd-vo «Hydroproject», 1985. 114 s.

2. Gamburtsev G.A., Riznichenko Yu.V., Berzon I.S. and others. Korrelyatsionnyy metod prelomlennykh voln: Rukovodstvo dlya inzhenerov-seismorazvedchikov. M.: Izd-vo Akademii nauk SSSR, 1952. 240 s.

3. Goryainov N.N., Lyahovitsky F.M. Seismicheskie metody v inzhenernoj geologii. M.: Nedra, 1979. 143 s.

4. Kompleksnye inzhenerno-geofizicheskie issledovaniya pri stroitelystve hidrotekhnich-

eskih sooruzhenij // Pod red. A.I. Savicha, B.D. Kuyundzhicha. M.: Nedra, 1990. 463 s.

The material was received at the editorial office
03.03.2017

Information about authors

Nazirov Jamshed Abdulvokhidovich, Director of Design-survey institute «Tajik energy project», 734061, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Aini 29; email: nazirov-69@mail.ru; tel.: +7 (992) 989 990 044.

Davlatshoev Salomat Kanoatshoevich, Chief engineer of design-survey institute «Tajik energy project», 734061, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Aini 29; email: davlatshoev_s@mail.ru; tel.: +7 (992) 989 991 924.

УДК 502/504:626/627: 627.8.059.2

Д.В. КОЗЛОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, Российская Федерация

РЕЗУЛЬТАТЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВАРИАНТОВ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ИНЦИДЕНТА НА ЗАГОРСКОЙ ГАЭС-2

В статье дается краткое описание второй очереди Загорской гидроаккумулирующей станции (Загорская ГАЭС-2), которая строится для частичного решения проблемы дефицита маневренной регулирующей мощности в центре европейской части России. Приведена основная информация о техническом инциденте, который произошел 17 сентября 2013 г. на Загорской ГАЭС-2 и привел к неравномерной (непроектной) осадке здания станции. Подтверждено, что варианты ликвидации последствий инцидента на Загорской ГАЭС-2 должны быть основаны на требованиях действующего законодательства Российской Федерации, сложившегося к настоящему времени правового статуса строящегося гидротехнического объекта, а также его технического состояния. Приведены результаты первичного стратегического анализа сильных и уязвимых сторон возможных проектных решений по ликвидации последствий технического инцидента на Загорской ГАЭС-2 (непроектной осадки станционного узла) с определением стратегических направлений по нескольким вариантам (полная ликвидация объекта, его консервация или восстановление и достройка), выполненного на основе элементов SWOT-анализа. Показано, что в настоящий момент курс на консервацию Загорской ГАЭС-2 с возможностью восстановления и достройки комплекса гидротехнических сооружений в ближайшие годы является наиболее целесообразным и обоснованным.

Гидроаккумулирующая станция (ГАЭС), комплекс гидротехнических сооружений, технический инцидент, неравномерная непроектная осадка, SWOT-анализ, проектное решение, ликвидация, консервация, восстановление и достройка объекта.

Введение. В современных энергетических системах стран мира, в том числе и в России, исключительное распространение получило гидроаккумулирование, в первую очередь – благодаря соизмеримости мощности и количества перераспределяемой энергии гидроаккумулирующими электростанциями (ГАЭС) с потребностями энергосистем.

Проблема покрытия пиковых нагрузок и прохождения периодов сниженного электропотребления в последние десятилетия становится все более актуальной в связи с разуплотнением графиков нагрузок современных энергосистем, увеличением количества маломаневренных агрегатов ТЭС и АЭС, а также значительной степенью освоения экономически выгодных для использования гидроресурсов [3, 5, 6]. Одним из способов решения этой проблемы является строительство ГАЭС, которые характеризуются уникальным сочетанием функций пиковой станции и потребителя-регулятора, способного в период ночного провала суточного графика нагрузок обеспечить потребление избыточной электрической мощности оборудования ТЭС и АЭС.

Объект исследований. В европейской части России, гидропотенциал которой использован почти на 50%, особенно остро проявляется дефицит маневренной мощности. Для преодоления этой проблемы еще в 1974 г. было принято решение о строительстве первой в стране гидроаккумулирующей электростанции в Загорском (ныне Сергиево-Посадском) районе Московской области [5, 6]. К 2000 г. Загорская ГАЭС стала единственной по-настоящему действующей крупной гидроаккумулирующей электростанцией в России мощностью 1200 МВт (в режиме выработки электроэнергии).

Вторая очередь Загорской ГАЭС (Загорская ГАЭС-2) строится для частичного решения проблемы дефицита маневренной регулирующей мощности в Центральном регионе России и предупреждения аварийных ситуаций в Москве и Московской области [5-7].

Строительная площадка Загорской ГАЭС-2 на р. Кунье расположена на севере Московской области, в 100 км от Москвы и 20 км от Сергиева-Посада, на территории городских поселений Богородское и Краснозаводск. Основные сооружения ГАЭС располагаются в пойме р. Куньи на ее левобережном плато. Площадка под Загорскую ГАЭС-2 находится в непосредственной близости

от действующей Загорской ГАЭС. Расстояние между двумя ГАЭС составляет около 800 м.

В настоящее время на основании утвержденной декларации безопасности гидротехнического сооружения правовой статус Загорской ГАЭС-2 определен как строящееся гидротехническое сооружение, находящееся в реестре Росстройнадзора и под его контролем.

17 сентября 2013 г. на Загорской ГАЭС-2 произошел технический инцидент [1, 7]. В 22 часа 57 минут дежурная смена обнаружила быстрое поступление воды в машинный зал. В течение нескольких часов произошло подтопление машинного зала и пристанционной площадки. В результате произошла осадка здания ГАЭС. Подтопление происходило через нарушенные деформационные швы и входные отверстия недостроенных водоводов. Последующими исследованиями в районе правой части строения были обнаружены размывы грунта. Образование этих размывов и послужило причиной просадки здания ГАЭС.

К моменту события 17 сентября 2013 г. по ГАЭС-2 было выполнено более 90% всех работ. После указанного технического инцидента наблюдение за состоянием здания Загорской ГАЭС-2 и соответствующие обследования показали, что здание станции имеет неравномерную (непроектную) осадку.

В 2014 г. строители стабилизировали станционный узел. Генеральный проектировщик станции (ОАО «Институт Гидропроект») провел инвентаризацию и дефектацию оборудования, подвергнувшегося воздействию воды и наносов, разработал несколько вариантов восстановления ГАЭС. По заключению специалистов-экспертов, оптимальным вариантом восстановления является подъем здания станции нагнетанием в грунт специальных составов для увеличения объема грунта (метод компенсационного нагнетания) при возможности использования других методов как вспомогательных, т.е. здание ГАЭС планируется выровнять за счет увеличения объема грунта под ним. Нагнетание цементного раствора в полости под зданием ГАЭС позволит создать необходимую основу для выравнивания многотонной конструкции [1, 7].

В 2016 г. была проведена независимая экспертиза данного проекта. В 2017 г. получены положительные заключения этой экспертизы по технической и сметной частям проекта восстановления Загорской ГАЭС-2 с вы-

равниванием сооружения методом компенсационного нагнетания [1, 7].

Необходимо также отметить, что от технологий, которые применяет строительная компания, непосредственно зависит, насколько производительными и эффективными будут действия, предпринимаемые по достижению технического результата. В данном случае это восстановление и достройка Загорской ГАЭС-2.

Материалы и методы исследования.

Материалами, на основании которых был выполнен стратегический анализ решений по ликвидации последствий технического инцидента, послужили результаты проведенных научно-исследовательских и проектных работ по оценке взаимного влияния комплекса сооружений Загорской ГАЭС и Загорской ГАЭС-2 в области подземной гидросферы; описание текущего состояния здания и сооружений Загорской ГАЭС-2, определенного по итогам проведенных обследований и анализа материалов мониторинга; результаты апробации на экспериментальном участке ГАЭС-2 готовности проектной и рабочей документации на выполнение работ по ликвидации последствий осадки здания станционного узла Загорской ГАЭС-2. Весь комплекс указанных выше работ и исследований выполнен АО Институт «Гидропроект» и АО «НИИЭС» при активном участии других организаций [1, 2, 4].

Варианты решений по ликвидации последствий инцидента на Загорской ГАЭС-2 должны быть основаны на требованиях действующего законодательства Российской Федерации, сложившегося к настоящему времени правового статуса объекта, а также его технического состояния. Поэтому формально таких вариантов может быть три: полная ликвидация ГАЭС-2, консервация ГАЭС-2, восстановление и достройка ГАЭС-2. Исследование сильных и уязвимых сторон возможных проектных решений по ликвидации последствий инцидента на Загорской ГАЭС-2 (непроектной осадки станционного узла) с определением стратегических направлений по нескольким вариантам (например, полная ликвидация объекта, его консервация или восстановление и достройка) выполнено на основе элементов SWOT-анализа.

Методология построения матрицы первичного стратегического SWOT-анализа заключается в разделении имеющегося окружения (условий) исследуемого объекта на две

части: внешнюю среду и внутреннюю (непосредственно организацию работ), затем явления в каждой из этих частей делятся на благоприятные и неблагоприятные. В целом проведение SWOT-анализа сводится к заполнению специальной матрицы (табл. 1).

По нашему мнению, такого рода планирование поможет дать старт одному из стратегических направлений и обозначить возможный путь его реализации.

Результаты и обсуждение. Факторы, которые рассмотрены при первичном стратегическом SWOT-анализе, весьма многообразны.

Таблица SWOT-анализа (табл. 1) позволяет структурировать все собранные ранее сведения в четырех квадратах, в которых в четкой последовательности перечислены данные о сильных и слабых сторонах, потенциальных угрозах и возможностях. Все эти квадраты в SWOT-анализе имеют тактические действия, направленные на повышение конкурентных качеств и эффективности принимаемых решений, а также на снижение угроз извне.

Сильные стороны и возможности SWOT-анализа условий реализации проекта по ликвидации последствий инцидента на Загорской ГАЭС-2 определяют стратегию развития данного проекта. Очевидно, что действие «Стратегии развития Группы «РусГидро» на период до 2020 года с перспективой до 2025 года» и «Программы восстановления и ввода в эксплуатацию Загорской ГАЭС-2» отвечает интересам продолжения работ по восстановлению ГАЭС-2 и перевода ее из «иных активов» компании в гидрогенерирующий филиал. Этому также способствует авторитет, наличие опыта и определенных ресурсов у застройщика – АО «Загорская ГАЭС-2» и генерального проектировщика – АО «Институт Гидропроект», а также наличие проектной документации «Корректировка ТЭО (проект) строительства Загорской ГАЭС-2», получившей положительное заключение независимой экспертизы. Сильной стороной проекта является и наличие налаженной системы мониторинга за осадками возведенных сооружений ГАЭС-2, а также действующего опытного участка № 3 на площадке строительства ГАЭС-2, представляющего собой модель фундаментной плиты здания станции, на которой выполнялись работы по компенсационному нагнетанию и подъему фундаментной плиты.

**Первичный стратегический SWOT-анализ условий реализации проекта
по ликвидации последствий инцидента на Загорской ГАЭС-2**

	СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ	СЛАБЫЕ СТОРОНЫ
	ВОЗМОЖНОСТИ	УГРОЗЫ
ВНЕШНЯЯ СРЕДА	1. Повышение интереса государства к созданию условий энергетической безопасности. 2. Действие Стратегии развития Группы «РусГидро» на период до 2020 года с перспективой до 2025 года. 3. Появление новых технологий и видов оборудования в гидротехническом и гидроэнергетическом строительстве. 4. Повышение инвестиционной привлекательности компании ПАО «РусГидро», возможность привлечения инвесторов. 5. Действие «Программы восстановления и ввода в эксплуатацию Загорской ГАЭС-2», в соответствии с которой выполняются работы по восстановлению ГАЭС.	1. Спад экономической активности в стране. 2. Нехватка инвестиционного капитала. Сокращение инвестиционных возможностей государства по финансированию развития инфраструктуры. Низкий уровень доступности денежных средств в целом. 3. Формирование модели рынка, не учитывающей вклад ГАЭС в обеспечение системной надежности ЕЭС России. 4. Высокая закредитованность Группы «РусГидро». 5. Нехватка ресурсов поставщиков и подрядчиков для реализации масштабных программ развития электроэнергетики, опережающий рост цен на материалы и оборудование. 6. Отсутствие нормативов, подгоняющих новые технологии под стандарт. 7. Определенная нехватка квалифицированных кадров. 8. Изменчивость системы контроля в области строительства. 9. Возросший контроль со стороны государства бизнеса в строительстве. 10. Отсутствие международного и ответственного опыта в реализации подобных по масштабу и сложности проектов в области гидротехнического и гидроэнергетического строительства. 11. Предписания Ростехнадзора и Росстройнадзора.
	ПРЕИМУЩЕСТВА	НЕДОСТАТКИ
ВНУТРЕННЯЯ СРЕДА	Организационно-управленческие и кадровые 1. Застройщик (АО «Загорская ГАЭС-2») и генпроектировщик (АО Институт Гидропроект») являются лидерами гидротехнической отрасли в области проектирования и строительства ГАЭС. Благодаря проектному институту возможно обеспечение многовариантности решения вопросов в сфере инженерии ГЭС вследствие применения новейших технологических средств и решений. 2. В команде застройщика-генпроектировщика работают профессионалы, мастера своего дела. 3. Специалисты застройщика-генпроектировщика знают, что такое ГАЭС, имеют достаточный опыт работы в сфере строительства, проектирования и эксплуатации ГАЭС, являются компетентными. 4. Застройщик и генпроектировщик предоставляют широкий спектр услуг и проводят работы различного назначения в сфере гидротехники. 5. Застройщик-генпроектировщик имеет определенные «стандарты организации», специальные технические условия (СТУ) на восстановление ГАЭС-2, стабилизацию здания ГАЭС и восстановление высотного положения здания ГАЭС по технологии компенсационного нагнетания, на разработку проектной документации объекта, а также техническое задание на выполнение работ по теме «Ликвидация последствий осадки здания станционного узла ЗаГАЭС-2 и восстановительные работы».	Организационно-управленческие и кадровые 1. Отсутствие практического опыта, технического, технологического и кадрового ресурсов у застройщика-генпроектировщика по решению подобных по сложности и масштабу гидротехнических задач. 2. Износ производственных фондов и высокие издержки производства у застройщика. 3. Громоздкость организационно-функциональной управленческой структуры застройщика-генпроектировщика. 4. Застройщик и генпроектировщик ведут недостаточную маркетинговую политику. 5. Проект достройки «Корректировка ТЭО (проект) строительства Загорской ГАЭС-2» не рассмотрен ФАУ «Главгосэкспертиза России».

6. Застройщик-генпроектировщик имеет партнерские отношения с ведущими европейскими и отечественными компаниями соответствующего профиля. Благодаря взаимодействию с ними есть условия доступа к новейшим технологическим средствам и приемам, может быть существенно упрощен поиск свежих и новых решений. 7. Разработана проектная документация «Корректировка ТЭО (проект) строительства Загорской ГАЭС-2». 8. Застройщиком получены положительные заключения Мосгосэкспертизы по технической и сметной частям проекта восстановления Загорской ГАЭС-2 с выравниванием сооружения методом компенсационного нагнетания. 9. У застройщика-генпроектировщика имеется календарный график восстановления Загорской ГАЭС, разработанный в составе проекта восстановления ГАЭС-2 и получивший положительное заключение независимой экспертизы. 10. Сооружен и действует опытный участок № 3 на площадке строительства ГАЭС-2, представляющий собой модель фундаментной плиты здания станции. 11. Налажен мониторинг за осадками возведенных сооружений Загорской ГАЭС-2.	
Технико-технологические	Технико-технологические
1. Достигнута стабилизация здания Загорской ГАЭС-2. 2. Бетон в здании ГАЭС-2 и монтажной площадки соответствует проектной марке бетона, а на некоторых участках даже превышает ее. 3. Железобетонные конструкции здания ГАЭС-2 находятся в эксплуатационном состоянии согласно нормативным документам. 4. В настоящее время на ОУ № 3 выполняются работы по компенсационному нагнетанию и подъему модели фундаментной плиты. 5. В настоящее время продолжаются дополнительные инженерные изыскания по изучению взаимного влияния Загорской ГАЭС и Загорской ГАЭС-2. 6. Разработан и внедрен в эксплуатацию «Программно-аппаратный комплекс (ПАК) мониторинга и прогнозирования надежности гидротехнических сооружений ГЭС (ГАЭС) в сложных инженерно-геологических условиях».	1. Максимальное взаимное влияние Загорской ГАЭС и ГАЭС-2 в условиях современного строительного периода. 2. Работа системы законтурного водопонижения, ограждающего котлован ГАЭС-2, вызвала изменения уровня подземных вод основного водоносного горизонта и дополнительные осадки фундамента машинного зала в основании сооружений Загорской ГАЭС. 3. Крайне низкая эффективность противофильтрационных элементов станционного узла ГАЭС-2, требующая ее переустройства с одновременным повышением надежности. 4. Наличие высокого риска повторного возникновения осадок станционного узла Загорской ГАЭС. 5. Незаконченность исследовательских работ на ОУ № 3 по компенсационному нагнетанию и подъему модели фундаментной плиты. 6. Резкое снижение эффективности подъема модельной плиты при увеличении интенсивности закачки растворов во время выполнения опытных работ на ОУ № 3. 7. Неподтвержденность управляемости подъема модели фундаментной плиты. 8. Выход из строя инъекционных скважин на ОУ № 3, нецелесообразность проведения дальнейших инъекций в них.
Финансово-экономические	Финансово-экономические
1. Отсутствие топливной составляющей в ГАЭС, независимость себестоимости от колебания цен на энергоносители.	1. Практически нулевая экономическая эффективность проекта восстановления Загорской ГАЭС-2. 2. Высокая капиталоемкость проекта восстановления Загорской ГАЭС-2.

Разработанный и внедренный в промышленную эксплуатацию «Программно-аппаратный комплекс (ПАК) мониторинга и прогнозирования надежности гидротехнических сооружений ГАЭС (ГАЭС) в сложных инженерно-геологических условиях» позволяет осуществлять в текущем режиме работы по оценке взаимного влияния существующей Загорской ГАЭС и строящейся ГАЭС-2, а также по обследованию несущих конструкций здания и монтажной площадки Загорской ГАЭС-2.

Существенно усиливают позиции в пользу восстановления Загорской ГАЭС-2 технико-технологические преимущества современного состояния объекта, заключающиеся в достигнутой стабилизации здания ГАЭС-2, удовлетворительном состоянии бетона в здании станции и монтажной площадки, соответствующем проектной марке, а также в эксплуатационном состоянии железобетонных конструкций здания Загорской ГАЭС-2 согласно действующим нормативным документам. При этом серьезным ограничением стратегического развития проекта восстановления и достройки Загорской ГАЭС-2 является комбинация имеющихся угроз и слабых сторон (или недостатков) проекта.

Современная ситуация в стране характеризуется спадом экономической активности, нехваткой инвестиционного капитала и сокращением инвестиционных возможностей государства по финансированию развития инфраструктуры. В целом крайне низок уровень доступности денежных средств. Государство все больше контролирует бизнес в строительстве при относительно высокой закредитованности Группы «РусГидро». Отечественная модель энергетического рынка практически не учитывает вклад ГАЭС в обеспечение системной надежности Единой Энергетической Системы страны. Все это сопровождается нехваткой ресурсов поставщиков и подрядчиков Группы «РусГидро» для реализации масштабных программ развития электроэнергетики, опережающим ростом цен на материалы и оборудование, определенной нехваткой квалифицированных кадров при соответствующей изменчивости системы контроля в области строительства.

Мощнейшей угрозой для реализации проекта восстановления и достройки Загорской ГАЭС-2 путем подъема здания нагнетанием в грунт специальных составов для увеличения объема грунта и несущей спо-

собности основания, т.е. методом компенсационного нагнетания, является отсутствие практического опыта в реализации подобных по масштабу и сложности проектов в области гидротехнического и гидроэнергетического строительства не только у застройщика и генерального проектировщика, но и у других хозяйствующих субъектов мировой и отечественной гидротехники.

Слабой стороной проекта достройки ГАЭС-2 является существенная зависимость состояния объекта (сооружений ГАЭС-2) от технико-технологических и природных (в первую очередь – гидрогеологических и гидрологических) условий. Именно в строительный период наблюдается максимальное взаимное влияние Загорской ГАЭС и ГАЭС-2. Кроме того, работа системы законтурного водопонижения, ограждающего котлован ГАЭС-2, вызвала изменения уровня подземных вод основного водоносного горизонта и дополнительные осадки фундамента машинного зала в основании сооружений Загорской ГАЭС. Наблюдается крайне низкая эффективность противофильтрационных элементов станционного узла ГАЭС-2, требующая ее переустройства с одновременным повышением надежности. Сохраняется опасность повторного возникновения осадок станционного узла Загорской ГАЭС. Все это происходит на фоне незаконченных исследовательских работ на ОУ № 3 по компенсационному нагнетанию и подъему модели фундаментной плиты, во время выполнения которых наблюдалось резкое снижение эффективности подъема модельной плиты при увеличении интенсивности закачки растворов на опытном участке, с последующим выходом из строя инъекционных скважин, а следовательно, нецелесообразным проведением дальнейших инъекций в них. Все это указывает на неподтвержденность управляемости подъема модели фундаментной плиты и очевидную незавершенность исследовательских работ на опытном участке. При этом существенным ограничением стратегического развития проекта восстановления и достройки Загорской ГАЭС-2 являются также слабые финансово-экономические стороны проекта: практически нулевая экономическая эффективность и одновременно высокая капиталоемкость проекта восстановления ГАЭС-2.

Безусловно, повышенный интерес государства к созданию условий энергетиче-

ской безопасности в стране, а также появление новых технологий и видов оборудования в гидротехническом и гидроэнергетическом строительстве, с одновременным повышением инвестиционной привлекательности компании ПАО «РусГидро» и возможностью в будущем привлечения инвесторов, приведут к активным внутренним преобразованиям слабых сторон проекта восстановления и достройки (организационно-управленческих, финансово-экономических и технико-технологических – законченность и результативность), а также к соединению сильных сторон и угроз (приобретение опыта, повышение активности и новых возможностей) проекта, что в дальнейшем усилит позицию стратегического развития проекта в сторону принятия решения о достройке (восстановлении) Загорской ГАЭС-2.

Выводы

На сегодняшний день в создавшихся реальных условиях, характеристика которых приведена выше, наиболее предпочтительным является вариант консервации сооружений строящейся Загорской ГАЭС-2, отвечающий современному финансово-экономическому положению на строительном гидроэнергетическом рынке, требованиям обеспечения безопасности и сохранности данного комплекса гидротехнических сооружений, а также предотвращения его разрушения. Успешное завершение незаконченных исследований по отработке технологии компенсационного нагнетания для условий ГАЭС-2, а также принятие оптимального проектного решения из проработанных вариантов восстановления и достройки всего комплекса Загорской ГАЭС повысят интерес государства и собственника сооружений к созданию реальных экономических и организационно-технологических условий для восстановления и достройки ГАЭС-2 при условии сохранения работоспособности всех объектов после их расконсервации. Поэтому в настоящий момент курс на консервацию Загорской ГАЭС-2 с возможностью восста-

новления и достройки комплекса гидротехнических сооружений в ближайшие годы является целесообразным и обоснованным.

Библиографический список

1. Александров А.В., Беллендир Е.Н., Лащенков С.Я., Альжанов Р.Ш. Ликвидация последствий осадки здания станционного узла Загорской ГАЭС-2 и восстановительные работы // Гидротехническое строительство. 2016. № 7. С. 2-10.
2. Зерцалов М.Г., Симутин А.Н., Александров А.В. Технология компенсационного нагнетания для защиты здания и сооружений // Вестник МГСУ. 2015. № 6. С. 32-40.
3. Смирнов В.В., Жалнин А.В., Париков И.И. Гидроаккумулирующие электростанции и перспективы их развития в Европейской части России // Гидротехническое строительство. 2015. № 9. С. 43-47.
4. Лунач М.Э., Шполянский Ю.Б., Соколов В.Ю., Беллендир Е.Н., Белостоцкий А.М., Лисичкин С.Е., Бершов А.В. Концепция построения архитектуры программно-аппаратного комплекса для мониторинга состояния гидротехнических сооружений // Гидротехническое строительство. 2016. № 5. С. 2-6.
5. Плотников В.М. «Что скрывать? Нам было трудно...». М., 2008. 256 с.
6. Вода или нефть? Создание Единой Водохозяйственной Системы: Монография / Д.В. Козлов, И.П. Айдаров, Л.Д. Раткович, И.С. Румянцев, А.И. Голованов и др.; Под общ. ред. Д.В. Козлова. М.: МППА «Бимпа», 2008. 456 с.
7. <http://www.zagaes2.rushydro.ru/press/news/96449.html>.

Материал поступил в редакцию 10.06.2017 г.

Сведения об авторе

Козлов Дмитрий Вячеславович, доктор технических наук, профессор кафедры гидравлики и гидротехнического строительства, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, Ярославское шоссе, 26; тел.: (495)287-49-14; e-mail: kozlovdv@mail.ru.

D.V. KOZLOV

Federal state budgetary educational institution of higher education «National research Moscow state university of civil engineering», Moscow, Russian Federation

RESULTS OF THE STRATEGIC ANALYSIS OF THE VARIANTS OF DESIGN DECISIONS ON ELIMINATION OF CONSEQUENCES OF THE TECHNICAL INCIDENT AT THE ZAGORSKAYA PSPP-2

The article gives a brief description of the second stage of the Zagorskaya pumped-storage power plant (Zagorskaya PSPP-2), which is being built to partially solve a shortage problem of the flexible regulatory power in the Central European part of Russia. There is given the basic information about the technical incident that occurred on September 17, 2013 on the Zagorskaya PSPP-2 and led to the differential (non-designed) settling of the plant building. It is confirmed that the variants of elimination of the incident consequences the Zagorskaya PSPP-2 should be based on the requirements of the current legislation of the Russian Federation, the present legal status of the hydro-technical object under construction and its technical condition. There are given results of the initial strategic analysis of strong and weak sides of the possible design solutions for elimination of the technical incident consequences at the Zagorskaya PSPP-2 (non-designed settlement of the plant unit) identifying strategic directions on several variants (complete elimination of the object, its conservation or restoration and completion) made on the basis of the elements of the SWOT analysis. It is shown that at the present moment the course on conservation of the Zagorskaya PSPP-2 with the possibility of restoration and completion of the complex of hydrological structures in the near years is the most feasible and substantiated.

Hydroelectric pumped storage power plant (PSPP), complex of hydraulic structures, technical incident, differential non-designed settlement, SWOT-analysis, design solution, elimination, conservation, restoration and completion of the object.

References

1. Aleksandrov A.V., Bellendir E.N., Lashchenov S.Ya., Aljzhanov R.Sh. Likvidatsiya posledstviy osadki zdaniya stantsionnogo uzla Zagorskoj GAES-2 i vosstanovitel'noj raboty // Hydrotehnicheskoe stroitel'stvo. 2016. № 7. S. 2-10.
2. Zertsalov M.G., Simutin A.N., Aleksandrov A.V. Tehnologiya kompensatsionnogo nagnetaniya dlya zashchity zdaniya i sooruzhenij // Vestnik MGSU. 2015. № 6. S. 32-40.
3. Smirnov V.V., Zhelnin A.V., Parinov I.I. Hydroaccumuliruyushchie elektrostantsii I perspektivy ih razvitiya v Evropejskoj chaste Rossii // Hydrotehnicheskoe stroitel'stvo. 2015. № 9. S. 43-47.
4. Kontseptsiya postroeniya arhitektury programmno-apparatnogo kompleksa dlya monitoring sostoyaniya hydrotehnicheskikh sooruzhenij / Lunatsi M.E., Shpolyansky Yu.B., Sobolev V.Yu., Bellendir E.N., Belostotsky S.M., Lisichkin S.E., Bershov A.V. // Hydrotehnicheskoe stroitel'stvo. 2016. № 5. S. 2-6.
5. Plotnikov V.M. «Chto skryvat? Nam bylo trudno...». M., 2008. 256 s.
6. Voda ili neftj? Sozdanie Edinoj Vodohozyajstvennoj Sistemy: Monografiya / D.V. Kozlov, I.P. Aidarov, L.D. Ratkovich, I.S. Rumyantsev, A.I. Golovanov i dr.; Pod obshch. Red. D.V. Kozlova. M.: MPPA «Bimpa», 2008. 456 s.
7. <http://www.zagaes2.rushydro.ru/press/news/96449.html>.

The material was received at the editorial office
10.06.2017

Information about the author

Kozlov Dmitry Vyacheslavovich, doctor of technical sciences, professor, Department of hydraulics and hydraulic construction, FSBEI HE «National research Moscow state university of civil engineering», Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26; tel.: (495) 287-49-14; e-mail: kozlovdv@mail.ru.

УДК 502/504:621.621:223:532.54:712

О.Н. ЧЕРНЫХ

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

В.В. ВОЛШАНИК

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, Российская Федерация

РОЛЬ ВОДЯНЫХ МЕЛЬНИЦ В ВОССОЗДАНИИ ИСТОРИЧЕСКИХ ЛАНДШАФТОВ

В статье обсуждаются основные перспективы и аспекты реконструкции и использования водяных мельниц при восстановлении и экологической реабилитации водных систем в различных ландшафтах. Приведены результаты анализа роли исторических водяных мельничных гидроузлов в развитии цивилизационного туризма в Московском регионе и в России. Отмечен их большой туристический потенциал при образовании как историко-культурных, так и природно-рекреационных зон для полноценного отдыха, познавательного и культурного досуга населения. Приведена краткая информация об основных водяных мельницах, реконструированных и построенных в России на данный момент. Дан обзор современного использования водяных колёс за рубежом. Рассмотрены варианты применения водяных колёс русского и европейского типов при создании и формировании музеев усадебной и крестьянской культуры и быта, при разработке программ сохранения и возрождения памятников промышленной архитектуры в сохраняемой природной и историко-культурной среде как объекта экскурсионной демонстрации воссозданных водяных мельниц. Обсуждаются варианты технических решений и возможности повышения эффективности водяных колёс при использовании гидроэнергетических преобразователей для очень низкого напора на базе водяных колёс. Выявлено отсутствие в настоящее время отечественных публикаций по методам конструирования, расчёта и опытным характеристикам верхненаливных, средненаливных и нижнебойных колёс, научно обоснованных рекомендаций по области применения водяных мельниц в современных условиях. Предложены основные направления их реновации и пути возрождения русского культурного ландшафта.

Водяные мельницы, водяное колесо, гидравлический двигатель, русская усадьба, исторический ландшафт, экологическая реабилитация и восстановление водных объектов.

Введение. В соответствии с принятой Генеральной Ассамблеей ООН резолюцией 56/6 «Глобальная повестка дня для диалога между цивилизациями, для предотвращения конфликтов и столкновений цивилизаций, взаимопонимания между ними, воспитания культуры мира и толерантности, сохранения и обогащения культурного разнообразия» разрабатываются программы цивилизационного туризма, позволяющего получить всестороннее представление о сущности, историческом прошлом, культуре, обычаях, условиях жизни различных цивилизаций. В России есть все необходимые предпосылки для диалога культур и реализации проекта цивилизационного туризма в жизнь. В связи с этим всё более актуальной становится проблема сохранения, реставрации и воссоздания памятников отечественного деревянного зодчества, традиционной усадебной и сельской историко-культурной

среды. Богатство и разнообразие российской цивилизации наиболее ярко выражены в большом количестве как историко-культурных и природно-ландшафтных памятников, так и памятников промышленной архитектуры. К ним относятся не только уникальные храмы и здания, но и технические сооружения: плотины, мельницы и другие гидротехнические сооружения, которые могут являться объектами экскурсионной демонстрации.

Для поддержания и развития проекта цивилизационного туризма в России также актуальной становится и проблема экологического обустройства малых рек (только в РФ их насчитывается более 2,5 миллионов) и водоёмов. Для этого наряду с разработкой природоохранных мер необходимо осуществление специальных инженерных мероприятий.

Анализ зарубежного и отечественного опыта реабилитации малых водных объек-

тов [1] показывает, что наиболее успешные результаты можно получить при восстановлении водотоков на уровне периода, предшествующего индустриальному освоению территории. Программы восстановления должны включать в себя как мероприятия по улучшению качества воды, так и реконструкцию гидротехнических сооружений, расположенных на водном объекте и традиционных для восстанавливаемого периода. Например, сейчас во многих европейских странах восстанавливаются водяные мельницы и мельничные пруды.

Материалы и методы исследований. Ещё родоначальниками русского плотиностроения (так называемыми «водяными людьми») примерно в XI-XIII вв. на реках было построено бесчисленное множество запруд или плотин с водяными мельницами, являющимися «частичками» нашей истории. В XVI в. водяные мельницы (мукомольные, крупорушки, сукновальни и проч.) становятся в России промышленными установками. Так, первая в России мельница, используемая в бумажном производстве, была построена около 1564 г. на р. Уче в деревне Вантеевка (сейчас – город Ивантеевка Московской области) [1]. Кроме малых водотоков и морских побережий (Соловки), мельницы в России пытались построить и на больших реках [2]. В XVII в. в гористых местностях на запруженных ручьях (Урал, Карпаты и т.п.) получили распространение мутовчатые мельницы, а на равнинных – колёсные мельницы на одно или несколько колёс (рис. 1).

В XVIII в. происходит массовое развитие обширных горнозаводских районов с водяными колёсами на Урале, Алтае, в Луганске. На водотоках России действовало около 65 тыс. водяных мельниц. По данным опросных листов, мельницы были во всех уездах: от одной до трех в каждой волости или приходе. До XIX в. в основном строились водяные мельницы. Ветряные мельницы получили широкое распространение лишь в XIX – начале XX вв. В разных губерниях их стало примерно в 2...4 раза больше, чем водяных. В то же время, например, в Сибири, в Ангаро-илимском бассейне, а также в Предбайкалье ветряных мельниц практически не было [3].

Вплоть до 1917 г. водяное мельничное колесо в России оставалось основным двигателем, а турбины использовались весьма ограниченно. Водяные мельницы во многих традиционных местах России работали в советский период до середины XX в. Строи-

тельство мельниц велось бессистемно и в интересах только их владельца, что зачастую приводило к затоплению и заболачиванию поймы водотока. В 1916 г. только в Олонецкой губернии имелось 857 однопоставных водяных мельниц. В среднем на одну мельницу в год приходилось 3,4 тыс. пудов зерна, а на двухпоставную мельницу, например, в Вытегорском уезде – более 6 тыс. пудов зерна в год. Некоторые мельничные агрегаты функционировали по 70...80 лет. Большинство же из этих водяных мельниц было сооружено уже в XX в. Сейчас об этом напоминают лишь остатки фундаментов мельничных гидроузлов (рис. 2), которые можно встретить в центральной части России, в Московской губернии, на Урале, в Сибири [1]. До 60 г. XX в. в России на широких реках строились также мельничные установки с подвесными водяными колёсами.

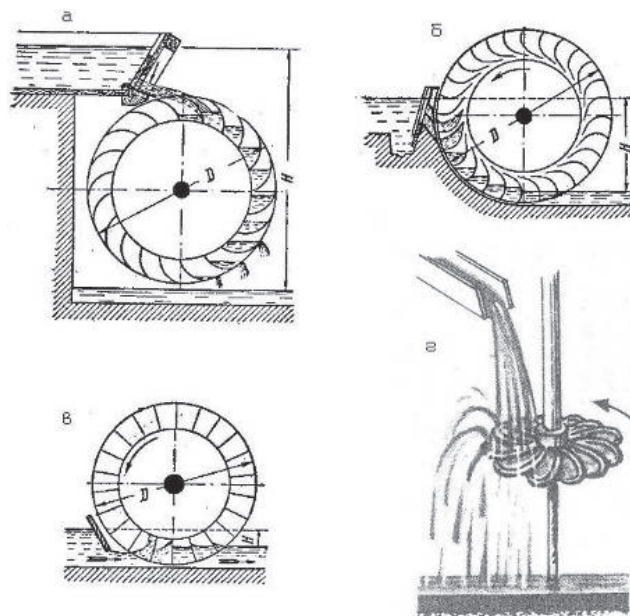


Рис. 1. Схемы основных видов водяных колёс из дерева, применявшихся в России (к.п.д.):
а – верхненаливное (0, 5...0,8);
б – средненаливное (0,6...0,8);
в – подливное (пошвенное) (0,3);
г – мутовчатое (0,4...0,6)

Результаты исследований. В настоящее время работающих в хозяйственных целях деревянных водяных мельниц в России (в отличие от США, Голландии, Германии, Непала, Великобритании, Афганистана, Индии, Японии, Белоруссии и др.) найти не удалось. Имеются только либо единичные музейные экземпляры, либо не действующие реновации (рис. 3): водяная мельница

в ГМЗ «Коломенское» на р. Жужа, г. Москва (2003 г.); в д. Бугрово (Михайловское) (2007 г.); Гужовская мельница в Кенозерье, Архангельская обл. (2006 г.); д. Зехново, Архангельская обл., Кенозерский националь-

ный парк (2008 г.); монастырская подземная мельница в Соловках (реконструкция 2006 г.); музей Хлеба в Болгаре, Татарстан (2012 г.); мельница в с. Красниково Пристенского района Курской обл. (2014 г.) [1].



а



б

Рис. 2. Остатки мельничных гидроузлов в Московской области, обследование 2008 г. [1]:

а – ГЭС на р. Воря у дер. Мишнево в Щёлковском районе;

б – отводящий канал мельничного водосброса Тарелочкиного пруда на р. Чечера в мкр. Салтыковка в г. Балашиха



а



б



в



г

Рис. 3. Восстановленные мельничные гидроузлы РФ:

а – Псковская область, Пушкиногорский р-н, д. Бугрово, 2007 г.;

б – на р. Жужа в музее-заповеднике «Коломенское» в Москве, 2008 г.;

в – на Левусозере в Кенозерском национальном парке, Архангельская область, 2006 г.;

г – исследованное колесо для мельницы в Бородино, НИИЭС, 2008 г.

Обследования восстановленных мельничных гидроузлов, выполненные в 2006-2015 гг., показали, что эти памятники народной архитектуры практически не выполняют свои первоначальные функции [1, 3]. Так, из-за просчётов гидрологов и конструкторов не работает должным образом мельница на р. Жуже в усадьбе Коломенское в Москве; только относительно недавно мастерам из Саранска удалось запустить водяное колесо мельницы в Михайловском; в Овстуге, музее-усадьбе Ф.И. Тютчева, вода к колесу не подведена и т.д. [4]. Правда, есть отдельные действующие водяные колёса или малые ГЭС с турбинами типа Банки или Тайсона (например, в Сачхерском районе на Кавказе), водяная мельница Г. Стерлигова в Карабахе.

За рубежом водяные мельницы работают и входят в состав музеев и различных фондов, являясь основой инфраструктуры туристического комплекса. Не менее тысячи мельниц до сих пор работают в Голландии (Музей под открытым небом «Заансе Сханс», Музей мельниц в городке Ког-ан-де Зан, Национальный музей мукомольных мельниц «Схиедам» и водяных мельниц «Схермер»). Они работают главным образом в туристический сезон, но до сих пор выполняют ряд важных функций: «De Gekroonde Poelenburg» – лесопилка, «De Kat» – производство сырья в красильной промышленности, «De Zoeker» и «De Bonte Hen» – сбивание масла, «De Huisman» – горчичная мельница, «De Hadel» – дренажная мельница, «Schiedam» – обработка зерна для производства джина; есть мельницы для производства бумаги, башмаков и проч. На территории Международного музея ветряных и водяных мельниц, занимающего около 16 га в маленьком городке Гифхорн в Германии, на настоящий момент представлены 16 мельниц из 12 стран, каждая в окружении типичного для нее ландшафта [1].

Сегодня в странах с развитой энергетикой исторические мельницы активно восстанавливаются как микро-ГЭС. В основном они работают в демонстрационных целях (например, «Wayside Inn» в США). Однако в последние годы водяные колёса в Великобритании, Германии и США адаптируются для производства электроэнергии. Например, металлические водяные колёса немецкой фирмы Бургер-ГЭС способны вырабатывать не менее 20 кВт электроэнергии, фабрики «Waterwheel» – в среднем от 4 до 7 кВт. В ряде

развивающихся стран водяные мельницы по-прежнему широко используются для помола зерна (примерно 25000 водяных мельниц действуют в Непале и 200000 – в Индии). В настоящее время разрабатывается конверсионный проект получения 2,5 гига-ватт от 200000 водяных мельниц в Гималаях. Разрабатываемые в рамках международного проекта «HYLOW», в котором новые конструкции и технологии конвертора энергии и водяных колёс предполагается оценивать по возможности их применения в развивающихся странах, где особый акцент делается на использование местных материалов, имеющегося производства и эксплуатации островов. Это будет способствовать использованию потенциала малых рек и ирригационных систем для нужд сельской электрификации.

Если учесть, что предполагаемый период окупаемости составляет для верхне-наливных колёс 7,5 года и 12...14 лет для нижнебойных, то водяные колёса, по мнению зарубежных специалистов, могут быть экономически интересным вложением даже в индустриальных странах. Ряд немецких учёных: Г. и В. Мюллер, К. Каупперт, С. Вольтер, М. Трогер, Р. Вейманн, М. Фонфред, С. Вайднер и др. – доказали, что восстановленные водяные колёса, хотя и чуть менее эффективны, чем современные низконапорные турбины, но могут работать в широком диапазоне изменения характеристик водного потока, в том числе и при напоре менее 0,5 м. При этом отрицательное воздействие на экологию у водяных колёс значительно ниже, чем у турбин [5].

Для использования низких напоров в РФ отдельные исследователи тоже предлагают применять металлическое водяное колесо как надёжный, компактный и экологически чистый гидродвигатель (Б.С. Блинов, Е.С., Бирюков, Ю.М. Новиков, М.И. Логинов, Г.В. Трещалов, В.М. Лятхер и др.). Но они рассматривают его как отдельный утилитарный элемент, не увязанный с историко-художественным обликом и этнографически-архитектурным аспектом всего водного комплекса.

Анализ имеющихся источников литературы показывает, что устройство водяных колёс и их характеристики не изучены досконально [1-4]. Нет объективных рекомендаций по границам их применения, не выявлены оптимальные эксплуатационные режимы их работы, не выполнено сопоставление энергетического потенциала колёс

с турбинами различных типов. В современной учебной и научной литературе по гидравлике и гидроэнергетике они не упоминаются, а в старых изданиях информация о водяных колёсах минимальна. Данные об особенностях работы деревянных колёс утеряны. В настоящее время отсутствуют отечественные публикации по методам конструирования, расчёта и по опытным характеристикам верхненаливных колёс. Нет научно обоснованных рекомендаций по области применения и габаритам различных видов деревянных и металлических водяных колёс. Зачастую они проектируются с использованием методов расчёта, разработанных более 100 лет назад. По средненаливным и нижнебойным колёсам какие-либо рекомендации практически отсутствуют

не только в отечественных, но и в зарубежных публикациях. Это объясняет и то, что мельницы-новоделы, выполненные по старинным аналогам, не работают.

Анализ практики современного мирового гидротехнического строительства и исторический опыт использования мельничных гидроузлов позволяют выделить ряд аспектов современного использования водяных мельниц в России (рис. 4) [1, 4]. Устройство мельниц на водотоке и водоёме положительно сказывается на обогащении пруда кислородом и его зарыблении. Доказано, что медленно вращающиеся лопасти водяного колеса до 10...20% обеспечивают дополнительную аэрацию потока, создают проточность в водоёме или каскаде прудов и практически безопасны для рыб.



Рис. 4. Современные аспекты использования водяных колёс и мельниц

Следует отметить, что одной из определяющих составляющих ландшафтов европейской территории России с XVI по XX вв. являлись русские усадьбы (царские и дворянские). Например, для столичного мегаполиса наиболее разнообразными и насыщенными водными сооружениями были террасовые парковые комплексы, расположенные в долинах рек (усадьбы Лефортово, Коломенское, Царицыно, Братцево и др.). В них располагалось большое количество специализированных гидротехнических сооружений: каскады прудов, фонтаны, водяные мельницы, мосты, гроты, родники, лестничные сходы, балюстрады, острова, бассейны и т.д. В последние десятилетия усадебные дворянские комплексы-памятни-

ки как в мегаполисе, так и в РФ находятся на грани уничтожения или деградации. Разрушаясь физически и морально, они теряют как художественную ценность, так и свою целостность как ансамбля. Представляется архиважным для сохранения памяти, культурного и исторического ландшафта, улучшения экологической ситуации в районе расположения водного объекта и повышения комфортности проживания населения в условиях урбанизированных территорий сохранение усадебных дворянских комплексов-памятников. Главной тенденцией при этом должно быть максимальное проявление всей исторической составляющей территории усадьбы и парка с предложениями и рекомендациями по сохранению их

границ, планировки, функциональных зон, природных и искусственно созданных озеленённых пространств, ценных культовых и гидротехнических сооружений.

В соответствии с долгосрочной программой [1] Правительством Москвы ранее планировалось к 2020 г. для раскрытия туристского потенциала, наряду с реставрацией главных домов усадеб, построек хо-

зяйственного двора, садово-парковых сооружений (мостов, ротонд, павильонов, родников и т.д.), воссоздать в Москве усадебные пруды, а на некоторых – восстановить и мельницы (Царицыно, Братцево, Алёшино подворье, Влахернское-Кузьминки, Измайлово и др.) (рис. 5). Однако ввиду финансовых трудностей пока эта программа не работает [4].

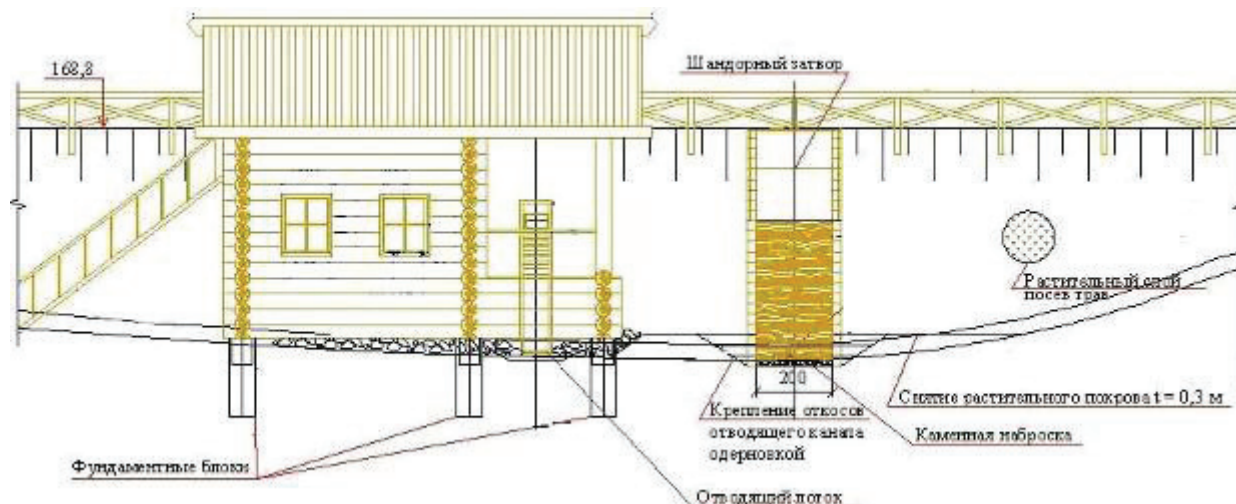


Рис. 5. Вид с нижнего бьефа на мельничный гидроузел в усадьбе Чернево (Бутово, Москва), рук. О. Черных, 2015

Системный подход к разработке тематических историко-художественных туристических городских экскурсионных программ, предполагающих «погружение» туристов в исторические события, их непосредственное участие в историко-художественных театрализованных программах и действиях позволили бы получить яркое представление о культурном потенциале и вековых традициях нашего народа и её столицы. Так, после восстановления плотины и мельницы, вырабатывающей электроэнергию, на Борисовском пруду в Царицынском парке предлагается включить их в единый экскурсионный маршрут, здесь же планируется открыть музей гидротехники.

Представляется целесообразным использовать воссозданные на историческом месте здания мельниц в качестве не только музеев народного быта, но и в качестве музеев мукомолья, действующих экспонатов различных видов других древних производств, для реанимирования заброшенных заводов и фабрик (Ивантеевка, Моноино, Балашиха и проч.), восстановив старинные технологии с привлечением современных достижений техники. Внутри амбарного помещения, соседствующего с мельницей или

на прилегающих к ней площадках, можно разместить небольшие торговые точки с сувенирами, элементами национального быта, продуктами производств, работающих рядом народных умельцев, блинные либо чайные с традиционной русской или местной кухней, с музыкальными выступлениями небольших фольклорных групп, чтением произведений известных местных авторов, оригинальными музейными экспозициями и т.п. Можно организовать школы ремёсел, места для самостоятельного изготовления сувениров своими руками, активного участия в мукомольном процессе, проводить квесты и фестивали по разнообразным ремёслам. Кроме пекарни, харчевни, музея деревенского быта и торговой точки с выпечкой или продуктами с ближайшей фермы, можно устроить гостиницу, но для этого необходимо сделать мельницу не макетом, а действующим экспонатом.

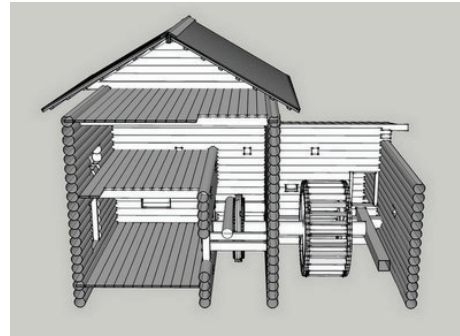
Опыт организации такого экологического туризма уже накоплен в туристических компаниях, занимающихся путешествиями по рекам и озёрам России. Например, в городах Углич, Мышкин, Рыбинск, Касимов, Кижы, Соловки и др. посещение мельниц, правда, пока не выполняющих

производственные функции, входит в экскурсионную программу круизов. Ряд энтузиастов-студентов вместе с преподавателями университетов (МГСУ, ИрГТУ, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева) при поддержке администрации губерний и спонсоров разрабатывает эскизные проекты и участвует в восстановлении работающих мельниц и мельничных прудов (рис. 6). Например, проекты восстановления водных систем и мельничных комплексов ряда исторических объектов (усадьбы Чернево, Царицыно,

Ново-Иерусалимский монастырь и др.), разрабатываемые в выпускных работах МГСУ и РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, обсуждались и согласовывались с местной администрацией. А в ноябре 2015 г. в селе Лох Новобурасского муниципального района Саратовской области заработала после реставрации по эскизному проекту студентов (Л. Прудилиной и В. Агальцова, рук. проф. В. Волшаник, 2012 г.) водяная мельница середины XIX в. Но пока таких работ – единицы.



а



б

Рис. 6. **Восстановление мельниц по проектам студентов:**

а – с. Лох, Новобурасский район Саратовской области, МГСУ, 2012-2015 гг. (рук. В. Волшаник);

б – проект в д. Бугульдейка, Байкал, Иркутск, ИрГТУ, 2013-2016 г. (рук. С. Перевозников)

Важно сохранить «...уважение к минувшему...» – следы деревенской культуры, чтобы люди, и особенно молодёжь, видели не только превращённые в музей усадьбы дворян, но и объекты крестьянского быта. В этом ряду водяная мельница – весьма привлекательный элемент для туристов и экскурсантов, склонных к активному, познавательному отдыху на природе.

Заключение

Реставрация и восстановление русских усадеб XVI-XVIII вв., в том числе их водных объектов, является важнейшим этапом в становлении и развитии национального самосознания народа. Чтобы не прерывалась связь веков, а наша культура и традиции не становились беднее, целесообразно восстановить водяные мельницы, особенно в исторических местах. Кроме того, восстановление мельниц в старинных усадьбах будет способствовать и сохранению природных ландшафтов.

Исторический опыт строительства и эксплуатации водяных мельниц на малых реках России может быть использован

в наше время не только при восстановлении старинных усадебно-парковых водных систем (их только в столице насчитывается около 150), но и при создании туристско-рекреационных зон Москвы, региона и всех губерний РФ (Царицыно, Ясная Поляна, Ново-Иерусалимский монастырь, Мураново, Бородино и др.), а также как стилизованный локальный источник энергии в удалённых поселениях и фермерских хозяйствах при организации объектов экотуризма в России.

К сожалению, инициатива МГСУ, ОАО НИИЭС и РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева по восстановлению водяных мельничных гидроузлов, которая была предложена для развития малой российской энергетики, пока не нашла достойного воплощения. Критическое использование технического опыта, накопленного в прошлом, а вместе с тем и бережное использование сохранившихся гидротехнических сооружений того времени, будут достойной оценкой замечательных дел русских гидротехников XVI...XIX вв.

Очевидно, что и в настоящее время усовершенствованное водяное колесо может

служить важным гидравлическим преобразователем энергии с разным целевым использованием. Восстановленный мельничный комплекс может стать одновременно новым миксированным центром рекреации и современной коммерции, поможет создать необходимую туристическую инфраструктуру, значительно повысит туристическую привлекательность Московского региона и придаст туризму в разных регионах РФ событийный и познавательный характер.

Библиографический список

1. Черных О.Н., Румянцев И.С., Алтунин В.И. Использование водяных мельниц при восстановлении и экологической реабилитации водных систем. М.: Изд-во МГУП, 2010. 369 с.
2. Волшаник В.В., Юрченко А.Н. Конструкции водяных и ветряных мельниц России XIX-XX веков. М.: Изд-во АСВ, 2010. 344 с.
3. Черных О.Н., Алтунин В.И., Волшаник В.В., Пьявкин С.В. Водяные мельницы – памятники культуры и истории техники России / Труды конгресса Великие реки. Т. 2. ННГАСУ, 2013. С. 386-389.

O.N. CHERNYH

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

V.V. VOLSHANIK

Federal state budgetary educational institution of higher education «National research Moscow state building university», Moscow, Russian Federation

ROLE OF WATER MILLS IN RESTORATION HISTORICAL LANDSCAPES

The article discusses the main perspectives and aspects of reconstruction and use of water mills during restoration and ecological rehabilitation of water systems in various landscapes. There are given results of the role analysis of historical water mill hydroelectric units in the development of civilization tourism in the Moscow region and in Russia. Their great touristic potential is marked in the formation of historical, cultural and natural-recreational zones for a full rest, cognitive and cultural leisure time of the population. Brief information on the main water mills, reconstructed and built in Russia at the moment is given. The review of modern use of water wheels abroad is given. The options for using water wheels of Russian and European types are considered when creating and forming museums of manor and peasant culture and way of life, while developing programs for the preservation and revival of industrial architecture monuments in the preserved natural and historical and cultural environment as an object of excursion display of reconstituted water mills. Variants of technical solutions and possibilities for increasing the efficiency of water wheels are discussed when using hydroelectric converters for a very low head on the basis of water wheels. The absence of domestic publications on the methods of construction, calculation and experimental characteristics of upper, medium and low-bottom wheels, scientifically grounded recommendations for the use of water mills in modern conditions has been revealed. The main directions of their renovation and ways of revival of the Russian cultural landscape are proposed.

Water mills, water wheel, hydraulic engine, Russian farmstead, historical landscape, ecological rehabilitation and restoration of water objects.

4. Черных О.Н., Алтунин В.И. Области применения водяных колёс и водяных мельниц в современном гидротехническом строительстве // Научно-практический журнал «Вопросы мелиорации». № 1-2. ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2011. С. 41-55.

5. Muller, Kauppert. Performance characteristics of water wheels // Journal of Hydraulic Research. Vol. 42. № 5. 2004.

Материал поступил в редакцию 03.05.2017 г.

Сведения об авторах

Черных Ольга Николаевна, кандидат технических наук, профессор кафедры гидротехнических сооружений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Б. Академическая, 44; тел.: 8(499)9762460; e-mail: gtsmgup@mail.ru

Волшаник Валерий Валентинович, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; тел.: 8 (916) 6201376; e-mail: tvgl806@gmail.com

References

1. Chernyh O.N., Rumyantsev I.S., Altunin V.I. Ispol'zovanie vodyanyh mel'nits pri vosstanovlenii i ekologicheskoy reabilitatsii vodnyh sistem. M.: Izd-vo MGUP, 2010. 369 s.
2. Volshanik V.V., Yurchenko A.N. Construktii vodyanyh i vetryanyh mel'nits Rossii XIX-XX vekov. M.: Izd-vo ASV, 2010. 344 s.
3. Chernyh O.N., Altunin V.I., Volshanik V.V., Pjavin S.V. Vodyanye mel'nitsy – pamyatniki kul'tury i istorii tekhniki Rossii / Trudy kongressa Velikie reki. T. 2. NNGASU, 2013. S. 386-389.
4. Chernyh O.N., Altunin V.I. Oblasti primeneniya vodyanyh koles i vodyanyh mel'nits v sovremennom hidrotekhnicheskom stroitel'stve // Nauchno-practicheskiy zhurnal «Voprosy melioratsii». № 1-2. FGNU TSNTI «Meliovodinform», 2011. S. 41-55.

5. Muller, Kauppert. Performance characteristics of water wheels // Journal of Hydraulic Research. Vol. 42. № 5. 2004.

The material was received at the editorial office
03.05.2017 g.

Information about the authors

Chernyh Olga Nikolaevna, candidate of technical sciences, professor of the chair of hydraulic engineering structures FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. B. Akademicheskaya, 44; tel.: 8(499)9762460; e-mail: gtsmgup@mail.ru

Volshanik Valerij Valentinovich, doctor of technical sciences, professor of FSBEI HE «National research Moscow state research state building university», 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26; tel.: 8 (916) 6201376; e-mail: tvgl806@gmail.com

УДК 502/504:624.042:627.8

В.П. ШАРКОВ, Б.М. БАХТИН, П.З. МЕТЕЛЬСКИЙ

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

ДАВЛЕНИЕ ЗАПОЛНИТЕЛЯ В СООРУЖЕНИЯХ ЯЧЕИСТОЙ КОНСТРУКЦИИ И ЕГО СВЯЗЬ С ФОРМОЙ ЭПЮРЫ В УСЛОВИЯХ УКЛАДКИ БЕЗ УПЛОТНЕНИЯ

Целью исследований является изучение давления заполнителя на основание в сооружениях ячеистой конструкции, определяющего их устойчивость и прочность, в зависимости от формы эпюры. В статье использован аналитический метод исследований экспериментальных данных. Установлено, что для песчаных грунтов эпюра давления может иметь формы, близкие к эллипсоиду или параболоиду вращения. Это наблюдается в опытах различных авторов независимо от степени шероховатости стен, формы ячеек в плане и вида заполнителя. Для эпюр параболической формы давление оказывается меньшим, чем при эллиптической, что объясняется разной величиной коэффициента неравномерности, входящего в параметр Янсена в его формуле и равного соответственно 0,63...0,64 и 0,69...0,71. При этом сам параметр Янсена практически не зависит от этих форм и при шероховатых стенках у разных авторов составляет 0,22-0,23. При заполнении ячеек галькой эпюра давления имеет форму, близкую к равномерной, с ординатой, равной главному максимальному напряжению.

Гидротехнические сооружения, ячейки, заполнитель, опыты, давление, анализ, форма эпюр, расчетные параметры.

Введение. Устойчивость на сдвиг ячеистых гидротехнических сооружений сдвигу зависит от вертикального давления грунтового заполнителя на основание. Поэтому точное его определение важно при расчетном обосновании таких сооружений [1].

Известно, что на вертикальное давление в ячейках оказывает влияние шероховатость их стен. Кроме того, на его величину может влиять форма ячейки в плане, вид заполните-

ля, способ укладки грунта (например, на Житомирской плотине грунт насыпали без уплотнения, сбрасывая с некоторой высоты, в большинстве других сооружений его уплотняли).

Вертикальное давление заполнителя и определяющие его расчетные параметры в различных условиях должны быть непосредственно связаны с формой эпюры. Об этом, как будет показано ниже, свидетельствует один из коэффициентов, вхо-

дящий в неявном виде в формулу Янсена, используемой для определения этого давления. Однако этому вопросу, несмотря на многочисленность опытов с ячейками, уделялось недостаточное внимание.

Цель работы – исследовать величины вертикальных давлений, полученные в опытах разных авторов, и определить формы соответствующих им эпюр и их параметры в условиях насыпного способа укладки грунта, когда в его напряженное состояние за счет уплотнения не вносятся искажения.

Материалы и методы исследований.

В работе использовался аналитический способ исследований с предположением, что в ячейке для каждой величины давления заполнителя должна соответствовать своя форма эпюры.

По современным представлениям, распределение вертикального давления грунта-заполнителя по ширине ячейки неравномерно: у стен оно меньше, а у оси – больше. Это подтверждают эпюры давления, приведенные в работах [2, 3]. Наиболее строгое обоснование причин неравномерности эпюр вертикального давления дано в работе [4], в которой распределение касательных напряжений τ в поперечном сечении ячейки принято как имеющее кососимметричную форму (рис.). Именно такая эпюра напряжений τ формирует объемную криволинейную эпюру вертикального давления 2-го порядка с наименьшими ординатами у стен и наибольшими – у оси.

Эта криволинейная поверхность эпюры в её верхней части, как показал анализ, может иметь формы, близкие к эллипсоиду 2 или параболоиду 3 вращения, показанные на рисунке. Как следует из него, здесь возможны ещё две эпюры давления, но с равномерным распределением ординат. Эпюра 1 – с наибольшими ординатами, как показывает анализ формулы Г.А. Гениева [4], должна наблюдаться при абсолютно гладких стенках, а эпюра 4 – при шероховатых стенках.

Отметим, что в действующем СНиПе [5] эпюра давления для упрощения расчетов принята равномерной.

Анализ имеющихся экспериментальных результатов в работе начнем с рассмотрения давлений, полученных в опытах автора [1, 6]. Проанализируем величины этих давлений и, сравнив их с теоретическими, приведенными на рисунке, определим подходящие формы эпюр. Для определения в них расчетных давлений приняты следующие предположения и методики.

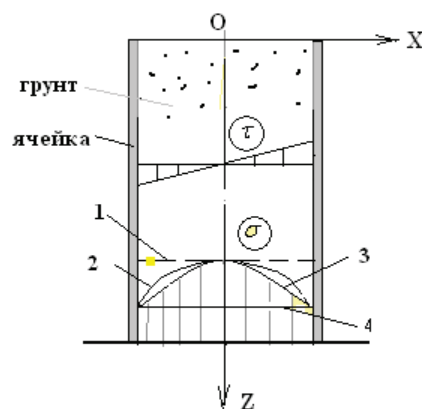


Рис. Формы эпюр касательного напряжения τ и вертикального давления σ заполнителя ячейки на основание:

- 1 – равномерная с ординатой у оси (максимальная); 2 – по эллипсоиду вращения; 3 – по параболоиду вращения; 4 – равномерная с ординатой у стен (минимальная)

1. Расчетный угол контактного трения грунта у стен ячейки принят по зависимости, подтвержденной в опытах [7]:

$$\delta_p = (\delta_{\text{лаб}} + \varphi)/2, \quad (1)$$

где $\delta_{\text{лаб}}$ – угол трения грунта у стен, полученный в сдвиговых опытах; φ – угол внутреннего трения грунта.

2. В асимптотическом решении формулы Янсена (8) (на большой глубине, когда $H \rightarrow \infty$) давление определяется следующим образом:

а) горизонтальное давление грунта на стенки – по формуле

$$\sigma_x = \gamma R / \text{tg} \delta_p, \quad (2)$$

где γ – объемный вес грунта; R – гидравлический радиус (для ячейки квадратной и круглой форм $R = a/4 = 25/4 = 6,25$ см; a – длина стороны или диаметр ячейки);

б) вертикальные давления

- у оси (в центре) ячейки по Гениеву [4] равны максимальному главному нормальному напряжению

$$\sigma_1 = \sigma_x \text{tg}^2 (45 + \varphi/2); \quad (3)$$

- у стен ячейки определяются по формуле

$$\sigma_c = \sigma_x / \lambda_E, \quad (4)$$

где λ – коэффициент горизонтального давления, определяемый из формулы Л.М. Емельянова [2]

$$1/\lambda = 2/\cos^2 \varphi [1 + (1 - (\cos^2 \varphi / \cos^2 \delta_p)^{0,5})] - 1. \quad (5)$$

3. Осредненное вертикальное давление на основание с предпосылкой о формировании в верхней части его эпюры эллипсоида и параболоида вращения определялось соответственно из выражений:

$$\sigma_{\text{ос}} = \sigma_c + (\sigma_1 - \sigma_c) 2/3; \quad (6)$$

$$\sigma_{\text{п}} = \sigma_c + (\sigma_1 - \sigma_c) 0,5. \quad (7)$$

4. Давление заполнителя на основание (на глубине Н) в ячейке определялось по формуле Янсена:

$$\sigma_{\text{зН}} = \sigma_z (1 - \exp(-kH/R)), \quad (8)$$

где σ_z – вертикальное давление в асимптотическом решении, определенное по формулам (6 или 7); k – параметр, входящий в формулу Янсена, определяемый из неё подбором при известном вертикальном давлении и глубине заполнителя Н. Он может также определяться из выражения

$$k = a \lambda \operatorname{tg} \delta, \quad (9)$$

где a – коэффициент неравномерности вертикальных давлений. Он представляет собой отношение давлений у стен и осредненного по площади ячейки. Именно этот коэффициент учитывает форму эпюры давления.

Другие параметры, входящие в приведенные выше формулы, принимались из рассматриваемых работ.

Результаты и обсуждение. Рассмотрим опыты разных авторов, условия их проведения и проанализируем результаты.

Опыты с гладкими стенками ячеек

Серия из 8 опытов здесь проводилась с сухим песчаным грунтом в ячейке с внутренними размерами в плане 25×25 см, выполненной из гипсопесчаного материала с модулем упругости около 2500 Мпа. Песок насыпался в ячейку тонкой струей с высоты 30 см. Здесь углы трения (у стен и внутренних) составляли $\delta = 23^\circ$ и $\varphi = 36^\circ$, объемный вес грунта $\gamma = 1,364 \times 10 \text{ кН/м}^3$, высота заполнителя $H = 79,6$ см, а осредненное давление песчаного грунта на основание получено равным $45,0 \times 100$ Па.

В качестве примера для пояснения методики расчетов ниже показана методика определения формы эпюр давления.

Для рассматриваемого опыта асимптотическое горизонтальное давление грунта по формуле (2) $\sigma_x = 1,364 \times 6,25 / \operatorname{tg} 29,5^\circ = 15,08 \times 100$ Па, где расчетный угол трения у стен из выражения (1) $\delta_p = (36 + 23)/2 = 29,5^\circ$.

Вертикальное давление грунта по формулам (3) и (4):

$$\begin{aligned} \text{ - у оси ячейки } \sigma_1 &= 15,08 \operatorname{tg}^2 (45 + 36/2) = \\ &= 58,06 \times 100 \text{ Па;} \end{aligned}$$

$$\text{ - у стен } \sigma_c = \sigma_x / \lambda = 15,08 \times 3,518 = 53,05 \times 100 \text{ Па,}$$

где из формулы (5): $1/\lambda = 2/\cos^2 36^\circ [1 + (1 - (\cos^2 36^\circ / \cos^2 29,5^\circ)^{0,5}) - 1 = 3,214$, коэффициент $\lambda = 0,31$.

Осредненное по площади ячейки давление с предпосылкой эпюры с эллипсоидом вращения по формуле (6) составляет $\sigma_{\text{ос}} = 56,4 \times 100$ Па.

Сравнение показывает, что в этом случае расчетное вертикальное давление у оси ячейки примерно на 10% больше, чем у стен, т.е. эпюра близка к равномерной, что в условиях гладких стенок закономерно. Для эллипсоидальной формы эпюры коэффициент неравномерности, входящий в выражение (9) параметра k , $a = \sigma_c / \sigma_{\text{ос}} = 53,05/56,4 = 0,934$.

Для полученной выше величины давления грунта $\sigma_{\text{ос}}$ при глубине ячейки 79,6 см подбор из формулы Янсена (8) дает параметр $k = 0,117$. При подстановке его в формулу получаем расчетное давление на основание, равное $\sigma_z = 43,65 \times 100$ Па. Это давление на 3% меньше полученного в опытах ($45,0 \times 100$ Па). В случае параболоида разница является большей, и его параметры не приводятся.

Таким образом, в опытах с неуплотненным грунтом в условиях гладких стенок ячейки форма эпюры давления близка к эллипсоиду вращения, т.е. к кривой 2 на рисунке.

2. Опыты с шероховатыми стенками

В этой серии из 6 опытов давление песчаного грунта на основание получено равным $35,26 \times 100$ Па, а исходные параметры имели следующие значения: $\delta = \varphi = 36^\circ$, $\gamma = 1,373 \times 10 \text{ Н/м}^3$, $H = 80$ см.

В асимптотическом решении вертикальное давление равно:

$$\text{ - у оси } \sigma_1 = 11,84 \times \operatorname{tg}^2 (45 + 36/2) = 45,6 \times 100 \text{ Па;}$$

$$\text{ - у стен } \sigma_c = 11,84/0,488 = 24,3 \times 100 \text{ Па,}$$

где $0,488 = \lambda$ – коэффициент горизонтального давления у шероховатых стен.

Осредненное асимптотическое давление с предпосылкой об эллипсоиде вращения равно $\sigma_{\text{ос}} = 38,5 \times 100$ Па. Как пока-

зывают оценки, здесь расчетное давление у оси в случае шероховатых стен почти в 1,9 раза больше, чем у стен. Это также закономерно, поскольку в таких условиях значительно развиты касательные напряжения, уменьшающие давления у стен. При этом коэффициент неравномерности $a = 24,3/38,5 = 0,63$.

Для давления $38,5 \times 100$ Па подбор по формуле Янсена при глубине 80 см дает параметр $k = 0,225$, при использовании которого давление на основание равно $\sigma_{\text{зн}} = 36,34 \times 100$ Па. Это расчетная величина на 2,1% больше полученного в опытах.

Таким образом, при шероховатых стенках эпюра давления грунта на основание, полученная в этой серии опытов, имеет форму эллипсоида вращения, т.е. вид кривой 2 (рис.), как и в случае гладких стенок.

Сопоставим результаты автора этого опыта с данными, полученными с неуплотненным грунтом в опытах других исследователей.

3. Опыты А.М. Латышенкова

Эти опыты проводились в квадратных ячейках размерами от 27 до 50 см с шероховатыми (ряжевыми) стенками высотой 220 см с заполнением их сухим песком ($g = 1,51 \times 10$ кН/м³, $j = 36,5^\circ$) [8]. Давление на основание в опытах составляло $\sigma_{\text{зн}} = 46,8 \times 100$ Па (здесь приведены результаты характерного опыта в ячейках размером 27×27 см).

Асимптотическое давление для этих опытов по формуле эллипсоида составило $45,9 \times 100$ Па, что на 2,1% меньше опытного. При этом коэффициент неравномерности $a = 0,636$.

По формуле параболоида давление равно $41,57 \times 100$ Па, но имеет большее отклонение от опытного (на 12,6%), и дальше мы его не рассматриваем.

В этих опытах параметр Янсена составил $k = 0,218$. Здесь вследствие большой глубины заполнителя второй сомножитель в формуле (8) близок к единице, что упрощает подбор этого параметра.

Итак, в квадратной ячейке у А.М. Латышенкова в условиях неуплотненного грунта и шероховатых стенок давление, так же, как и в опытах автора, ближе к эллипсоиду вращения, а параметр $k = 0,218$.

4. Опыты К. Пипера [9].

Опыты проводились с тремя видами заполнителей в условиях шероховатых сте-

нок (с наклейкой на них наждачной бумаги) в металлической трубе диаметром 60 см с жестким днищем, высотой 308 см.

4-а. В опыте со среднезернистым песком крупностью 1-2 мм ($g = 1,474$, $j = 38,8^\circ$) вертикальное давление равно $\sigma_z = 94 \times 100$ Па, а параметр $k = 0,233$. Асимптотическое давление по формуле эллипсоида составило $\sigma_\infty = 100,9 \times 100$ Па, а с учетом высоты заполнителя и параметра $k = 0,216$ оно равно $\sigma_{\text{зн}} = 99,8 \times 100$ Па, что на 6,1% превышает опытное.

Для параболоида расчетное давление $\sigma_{\text{п}} = 91,4 \times 100$ Па, а с учетом высоты и параметра $k = 0,24$ оно равно $90,8 \times 100$ Па, что на 3,5% меньше опытного. Как видим, опытное давление находится между эллипсоидом и параболоидом, но ближе к последнему. При этом коэффициент неравномерности давлений $a = 0,69$.

Отметим, что здесь вследствие большой глубины заполнителя (308 см) параметр Янсена для давления в опытах с учетом его глубины и без её учета по величине практически одинаков: 0,233 и 235.

4-б. В опыте Пипера с мелким песком крупностью 0,7-1,2 мм для эллипсоида вращения вертикальное давление составляет $97,9 \times 100$ Па, а с учетом высоты и параметра $k = 0,227$ оно равно $97,0 \times 100$ Па, что на 3,2% превышает опытное $94,0 \times 100$ Па. При параболоиде вращения давление составляет $89,0 \times 100$ Па, а с учетом глубины – $88,4 \times 100$ Па, что на 6,4% меньше опытного.

Здесь, как видим, опытные данные тоже находятся между эллипсоидом и параболоидом, но ближе к эллипсоиду вращения. Для него коэффициент неравномерности $a = 0,63$. Для опытных данных параметр Янсена здесь равен $k = 0,228$.

4-в. В опытах Пипера с зерном (данные приведены для полноты картины) вертикальное давление составило $43,0 \times 100$ Па и оказалось ближе к параболоиду вращения ($42,2 \times 100$ Па), что на 1,8% меньше опытного. При этом коэффициент $a = 0,706$.

Как видим, в опытах Пипера в цилиндрической ячейке формируется пространственная эпюра вертикального давления песчаного заполнителя на жесткое основание, которая находится между параболоидом и эллипсоидом вращения. При этом для среднего песка и зерна при шероховатых стенках оно ближе к параболоиду, а для мелкого, так же, как и у автора, – к эллипсоиду вращения.

В целом анализ показывает, что для песков при одинаковой шероховатости стен давлению с эпюрой в виде эллипсоида соответствуют коэффициент неравномерности $a = 0,63...0,64$, а параболоиду – несколько больший по величине ($a = 0,69...0,71$), хотя для них параметры Янсена практически оди-

наковы с величиной $0,22...0,23$. Эллипсоид возникает для мелкого песка и в условиях гладких стен, при этом коэффициент $a = 0,934$.

Для обобщения полученных результатов и их наглядности основные параметры давления, полученные для рассмотренных выше опытов, приведены в таблице.

Таблица

Вертикальное давление песчаного грунта-заполнителя для неуплотненного грунта на основание в опытах и по расчетной методике

№, заполнитель	Опытные данные			Расчетные данные	Отношение расчетных и опытных данных: (6)/(5)	
	характеристики заполнителя		давление, $\sigma_{\text{зн}}(\sigma), \times 100 \text{ Па}$	давление, $\sigma_{\text{зн}}(\sigma), 100 \text{ Па}$, форма эпюры		
	объем. вес $g, 10 \text{ кН/м}^3$	угол j°				угол δ°
1	2	3	4	5	6	7
В опытах с ячейкой 25×25 см высотой Н = 79,6 см с гладкими стенками						
Песок мелкий	1,364	36	23	45,0	43,65 –эллипс, k = 0,117	0,97
В опытах с ячейкой 25×25 см, Н = 80 см, с шероховатыми стенками						
Песок мелкий	1,373	36	36	35,26	36,34 –эллипс, k = 0,225	1,021
3. В опытах Латышенкова с ячейкой 27×27 см, Н = 220 см, с шероховатыми стенками						
Сухой речной песок	1,51	36-37	38	45,9	46,8-эллипс. k = 0,218	1,02
4. В опытах Пипера с ячейкой D = 60 см, Н = 308 см, с шероховатыми стенками						
а) песок средний	1,474	38,8	31,7	94	90,8 – парабол, k = 0,233	0,966
б) песок мелкий	1,441	38,0	32,8	94	97,0 – эллипс, K = 0,227	1,032
в) зерно	0,703	32,6	25,8	43	42,2 – парабол.	0,98
В опытах Латышенкова с ячейкой 27x 27 см, Н = 220 см, с шероховатыми стенками						
Галька (4-12 см)	1,43	38-40	39,7 41,3	52,4	54,8 – ровная, k = 0,176	1,046

5. Опыты А.М. Латышенкова с галькой проводились при ряжевых стенках ячейки размером 27×27 см ($g = 1,43 \times 10$ кН/м³, углы $j = 39^\circ$, $\delta = 40,5^\circ$) [8]. В опытах давление галечникового грунта на основание составило $52,4 \times 100$ Па.

Расчеты показали, что давление по эллипсоиду вращения здесь равно $44,1 \times 100$ кПа, что заметно меньше опытного. При этом последнее по величине близко к главному максимальному напряжению $54,8 \times 100$ Па, определенного по формуле (3) (с разницей 4,6%). На рисунке этому случаю соответствует равномерная эпюра № 1, т.е. опытные данные располагаются между главным напряжением и давлением по эллипсоиду, но ближе к первому. Здесь при асимптотическом давлении параметр $k = 0,177$, а с учетом глубины заполнителя – $k = 0,176$, т.е. практически без изменений вследствие большой глубины.

Результат получен в серии из 13 опытов. Он относится к числу редких и, на первый

взгляд, противоречивых. Дело в том, что в соответствии с теорией давление, равное главному максимальному напряжению, должно возникать при касательном напряжении $t = 0$, т.е. при абсолютно гладких стенках ячейки. В опытах же, наоборот, угол трения у стен $\delta_{\text{лаб}} = 40,5^\circ$, что свойственно шероховатым стенкам. Однако этот высокий угол трения, полученный в сдвиговых опытах, еще не свидетельствует о его реализации в ячейке, а его фактическая величина может иметь меньше значения, например, вследствие незначительных осадок этого малосжимаемого галечникового грунта относительно стен в модели.

Действительно, если предположить, что величина фактического коэффициента трения у стен в опытах составила $\text{tg} \delta_{\text{ф}} = 0,625$, тогда из формулы (3) при угле внутреннего трения 39° коэффициент горизонтального давления $\lambda = 0,275$. Поскольку равномерной эпюре давления, полученной в опытах, соответствует коэффициент $a = 1,0$, то из форму-

лы (9) параметр $k = 1,0 \cdot 0,275 \cdot 0,625 = 0,172$, который, как видим, близок к величине опытного значения 0,176, т.е. предпосылка о неполном развитии угла контактного трения у стен объясняет полученный результат.

Выводы

1. Форма эпюр давления песчаного грунта на основание в ячеистых конструкциях соответствуют эллипсоиду или параболоиду вращения. Это наблюдается в ячейках и квадратной, и круглой форм, причем с разными их плановыми размерами.

2. Эллипсоид вращения наблюдается в опытах с ячейками разных размеров при шероховатых стенках с речным песком у Латышенкова, с мелким песком у Пипера, а также у автора, в том числе, и при гладких стенках. Для эллипсоида в условиях шероховатых стенок коэффициент неравномерности, входящий в выражение параметра Янсена, составляет $a = 0,63 \dots 0,64$, а в условиях гладких – $a = 0,934$.

3. Параболоид вращения наблюдается в опытах Пипера при заполнении ячеек среднезернистым песком и зерном, т.е. с заполнителями большей крупности. Коэффициент неравномерности здесь имеет большую величину, чем при эллипсоиде вращения, и составляет $a = 0,69 \dots 0,71$.

4. Максимальное значение параметра Янсена k в опытах для песчаных грунтов при шероховатых стенках ячеек у разных авторов составляет $k = 0,22 \dots 0,23$, причем он практически не зависит от формы эпюр давления.

5. В опытах с галечниковым грунтом получена равномерная эпюра вертикального давления с ординатой, равной главному максимальному напряжению, что авторы объясняют неполным развитием угла трения у стен вследствие малой сжимаемости этого грунта в модельных условиях. Равномерную форму эпюры здесь характеризует коэффициент a , равный максимальному значению $a = 1,0$. При этом параметр Янсена $k = 0,175$, который меньше по величине, чем для песчаного грунта, поэтому здесь возникает большее по величине давление, равное главному максимальному напряжению.

Библиографический список

1. Шарков В.П. О резерве устойчивости ячеистых сооружений на скальном основании // Гидротехническое строительство. 2001. № 2. С. 20-24.
2. Емельянов Л.М. Давление грунта в ячеистых подпорных системах. М.: МИИХ, 1959. 82 с.
3. Алипов В.В. Исследование давления грунтового заполнителя в железобетонных гидротехнических сооружениях ячеистой конструкции // Труды ВНИИ ВОДГЕО. Вып. 12. М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1965. С. 89-103.
4. Гениев Г.А. Вопросы динамики сыпучей среды / Академия строительства и архитектуры СССР. Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций (ЦНИИСК): Научное сообщение. Вып. 2. М.: ЦНИИСК, 1958. 122 с.
5. СНиП 2.06.07-87. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения / Госстрой СССР. М.: ЦЦТП Госстроя СССР, 1987. 40 с.
6. Шарков В.П. Некоторые вопросы сейсмостойкости ячеистых гидротехнических сооружений на скальном основании: Автореферат канд. диссертации. М.: МГМИ, 1982. 29 с.
7. Шарков В.П. К определению расчетного угла трения грунтового заполнителя в ячеистой конструкции // Природообустройство. 2015. № 3. С. 64-67.
8. Латышенков А.М. Лабораторные исследования нагрузки в ряжах // Гидротехническое строительство. 1938. № 5. С. 7-10.
9. Pipper K. und Wenzel F. Druckverhältnissen in silozellen. Berlin. P. 127.

Материал поступил в редакцию 16.03.2017 г.

Сведения об авторах

Шарков Вячеслав Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры гидротехнических сооружений, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44; тел.: 8-926-538-40-83; e-mail: v.p.sharkov@mail.ru.

Бахтин Бронислав Михайлович, доктор технических наук, профессор кафедры гидротехнических сооружений, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44; тел.: 8-499-976-24-60.

Метельский Пётр Зенонович, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44; тел.: 8-499-976-45-25.

V.P. SHARKOV, B.M. BAKHTIN, P.Z. METELJSKY

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

FILLER PRESSURE IN CELLULAR STRUCTURES AND ITS CONNECTION WITH THE DIAGRAM FORM UNDER THE CONDITIONS OF LAYING WITHOUT COMPACTION

The aim of the research is to study the filler pressure on the foundation in structures of cellular construction which determines their steadiness and strength depending on the diagram shape. The article uses the analytical research method of experimental data. It was found that for sandy soils the diagram of pressure can have a shape close to the ellipsoid or paraboloid of rotation. It is observed in experiments of different authors regardless of the degree of the walls roughness, forms of cells in the plan and type of filler. For diagrams of the parabolic form the pressure is smaller than in elliptical one due to the different value of the coefficient of non-uniformity included in the Jansen parameter in his formula and are equal respectively to 0.63... 0.64 and 0. 69...0.71. Thus the Jansen parameter does not practically depend on these forms and at the rough walls according to different authors is 0.22-0.23. When filling the cells with pebbles the pressure diagram has a form close to the uniform one, with an ordinate equal to the main maximal voltage.

Hydraulic structures, cells, filler, experiments, pressure, analysis, form of diagrams, rated parameters.

References

1. **Sharkov V.P.** O reserve ustoichivosti yacheistyh sooruzhenij na skal'nom osnove // Hydrotehnicheskoe stroitel'stvo. 2001. № 2. S. 20-24.

2. **Emel'yanov L.M.** Davlenie grunta v yacheistyh podpornyh sistemah. M.: MPIIVH, 1959. 82 s.

3. **Alipov V.V.** Issledovanie davleniya gruntovogo zapolnitelya v zhelezobetonnykh hydrotehnicheskikh sooruzheniyah yacheistoj constructsii // Trudy VNII VODGEO. Vyp. 12. M.: VNII VODGEO, 1965. S. 89-103.

4. **Geniev G.A.** Voprosy dinamiki sypuchej sredy / Akademiya stroitel'stva i arhitektury SSSR. Tsentral'ny nauchno-issledovatel'skiy institut stroitel'nykh constructsiy (TSNIISK): Nauchnoe soobshchenie. Vyp. 2. M.: TSNIISK, 1958. 122 s.

5. SNiP 2.06.07-87. Podpornye steny, sudohodnye shlyuzy, rybopropusknye i rybozashchitnye sooruzheniya / Gosstroj SSSR. M.: TSTSTP Gosstroja SSSR, 1987. 40 s.

6. **Sharkov V.P.** Nekotorye voprosy seismostoičnosti yacheistyh hydrotehnicheskikh sooruzhenij na skal'nom osnove: avtoreferat cand. Dissertatsii. M.: MGMI, 1982. 29 s.

7. **Sharkov V.P.** K opredeleniyu raschetnogo ugla treniya gruntovogo zapolnitelya

v yacheistoj constructsii // Prirodobustroystvo. 2015. № 3. S. 64-67.

8. **Latyshenkov A.M.** Laboratornye issledovaniya nagruzki v ryazhah // Hydrotehnicheskoe stroitel'stvo. 1938. № 5. S. 7-10.

9. **Pipper K. und Wenzel F.** Druckverhaltnissen in silozellen. Berlin. P. 127.

The material was received at the editorial office
16.03.2017

Information about the authors

Sharkov Vyacheslav Petrovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of hydraulic engineering structures, FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Bol'shaya Akademicheskaya, d. 44; tel.: 8-926-538-40-83; e-mail: v.p.sharkov@mail.ru.

Bahtin Bronislav Mikhailovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of hydraulic engineering structures, FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Bol'shaya Akademicheskaya, d. 44; tel.: 8-499-976-24-60.

Meteljsky Petr Zenonovich, candidate of technical sciences, associate professor, FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Bol'shaya Akademicheskaya, d. 44; tel.: 8-499-976-45-25.

УДК 502/504: 626.83: 519.2

Ю.Г. БУРКОВА, А.Л. СОКОЛОВ

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

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ КРУПНОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ МЕЛИОРАТИВНОГО И КОМПЛЕКСНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Рассмотрены вопросы применения теории нечетких множеств при моделировании крупных насосных станций перекачки с целью учета неопределенности при их проектировании и эксплуатации. По рекомендациям действующих норм, выбор расчетных характеристик производится внутри интервалов интуитивно, и при этом возникают лингвистические неопределенности. При эксплуатации таких систем многие параметры непрерывно изменяются также интервально, в математических моделях приходится учитывать их средние величины. Предлагаемая модель, описывающая поведение исследуемой системы, позволяет рассматривать неопределенные величины как нечеткие с присвоением каждой из этих величин функции принадлежности. Приведен конкретный алгоритм решения данной задачи, даются рекомендации по выбору носителя и вида функций принадлежности. Определены входные и выходные лингвистические переменные, примерами которых являются «подача насосной станции», «напор насосной станции», «величина экономического функционала» и термы. Задача выбора оптимальных нечетких параметров системы не может быть решена с помощью применения разных вариантов – необходим направленный поиск решения, при котором процесс изменения вариантов приводит к оптимальному решению. При этом наиболее эффективным является сочетание теории нечетких множеств и методов оптимизации. Использование нечетких подходов расширяет область поиска оптимальных решений и позволяет получить параметры системы в целом, наиболее близкие требуемым.

Неопределенность, лингвистические переменные, теория нечетких множеств, функции принадлежности.

Введение. При проектировании сложных народнохозяйственных комплексов большого масштаба необходимо решать задачи, требующие исследование закономерностей их функционирования. Решение этих задач возможно двумя путями: расчетными и экспериментальными. В связи с возникновением организационных и технических трудностей, а также с ростом затрат времени и средств проведение натурного эксперимента становится сложным. Поэтому необходимо использовать математические модели, при этом повышая их точность и применяя новые расчетные методы: например, такие, как теория массового обслуживания, методы динамики средних, теория статистических решений и др.

Материалы и методы. При проектировании и эксплуатации сложных техни-

ческих систем, к числу которых относятся крупные насосные станции мелиоративного и комплексного назначения, приходится принимать решения в условиях неопределенности. Приводимые в литературе параметры расчетов в большинстве случаев задаются в виде интервалов, приоритеты отдельных элементов которых никак не оговариваются.

В процессе проектирования специалисты выбирают то или иное точечное значение параметра, исходя из собственных представлений, опыта, аналогий и других факторов, а в случае затруднений – руководствуясь интуицией или обеспечением некоторого «запаса». В таких случаях обычно выбирают средние или граничные значения интервалов, не принимая во внимание

возможные разбросы конечных результатов. Так, по рекомендациям п. 9.3.1 действующего свода правил СП 100.13330.2011 «Мелиоративные системы и сооружения», тип и число насосных агрегатов следует выбирать из условия наиболее точного обеспечения графика водоподачи на основании технико-экономических сравнений вариантов. Число насосных агрегатов на насосных станциях, как правило, следует принимать в соответствии с приведенной ниже таблицей. Число основных резервных агрегатов может быть увеличено при работе насосных станций в тяжелых условиях: при перекачке агрессивных вод, а также вод, содержащих абразивные взвеси, при большой загрузке насосов (более 5500 ч/год).

Таблица

**Число насосных агрегатов
в зависимости от подачи воды**

Подача воды, м ³ /с	Число насосных агрегатов, шт.
до 1	2-4
1-5	3-5
5-30	4-6
св. 30	5-9

Упомянутые в своде правил словосочетания «как правило», «может быть» являются типичными примерами лингвистической неопределенности. Пункт 9.3.5 СП констатирует, что «необходимое насосно-силовое оборудование следует подбирать на основании технико-экономического сравнения вариантов различных насосных агрегатов в зависимости от их подачи, КПД при средневзвешенном напоре, допускаемой высоты всасывания, наличия насосов данного типа на оросительной системе, возможности наиболее точного обеспечения графика водоподачи и работы насосов в диапазоне колебаний напоров без регулирования подачи задвижкой, эксплуатационных и конструктивных преимуществ».

Простым применением разных вариантов задача выбора оптимальных параметров системы не может быть решена, особенно при непрерывном их изменении, например, требуемых подач, колебаний напоров без регулирования подачи задвижкой или высоты всасывания (параметры, указанные в СП). Это приводит к необходимости направленного перебора, при котором процесс изменения вариантов приводит к оптимальному решению. В данном случае наиболее

эффективным решением является сочетание теории нечетких множеств и методов оптимизации.

Вопросы неопределенности возникают и при разработке рекомендаций по эксплуатации насосных станций.

Рекомендации вышеуказанного свода правил заключаются в следующем:

«9.7.1. Гидравлический расчет водоводов необходимо выполнять после выбора их форм, напорных коммуникаций и диаметров труб. Расчетom должны учитываться все варианты работы насосов (включая и аварийные), колебания уровней воды в водовыпуске и водоприемнике или давления в закрытой сети, повышение шероховатости стенок во время эксплуатации».

«9.7.2. При гидравлическом анализе работы насосов следует учитывать величины обточки их рабочих колес или углы разворота лопаток, допускаемые высоты всасывания; при этом должен быть составлен водно-энергетический расчет и даны рекомендации по эксплуатации насосных агрегатов для всех вариантов их работы и геометрических напоров».

Вопросы неопределенности возникают при обосновании необходимости автоматизации работы насосных станций различного назначения [1, 2]. Кроме решения прочих задач, оборудование насосной станции средствами телемеханики и автоматики обеспечивает:

- регулирование расхода и давления;
- контроль и регистрацию основных параметров, характеризующих работу насосов.

Алгоритм нечеткого регулятора обладает рядом преимуществ перед классической схемой управления, которые позволяют понизить расходы на обслуживание и ремонт автоматизированной насосной станции [2].

Процесс принятия решений в условиях неопределенности можно разбить на несколько этапов. Прежде всего строится подходящая обычная («четкая») модель расчета параметров исследуемой системы с наиболее ожидаемыми («четкими») параметрами.

Составленная «четкая» математическая модель преобразуется в нечеткую путем «размывания» параметров в интервалах возможных значений, т.е. параметры представляются нечеткими числами. При этом вектор решения (например, подача насосной станции, количество насосных агрега-

тов разных типов, промежутки между ремонтами) также становятся нечетким.

Математические модели выбора оптимальных параметров крупных насосных станций мелиоративного и комплексного назначения, основанные на вероятностных методах с использованием теории массового обслуживания, теории надежности и имитационных расчетах в четкой постановке, рассматриваются в работах авторов статьи [3-6]. В данной работе предлагается рассматривать неопределенные величины, учитываемые при моделировании системы, как на этапе проектирования, так и при ее эксплуатации, как нечеткие с присвоением каждой из этих величин функции принадлежности.

Алгоритм решения данной задачи включает в себя следующие этапы:

1. С помощью «четкой» модели определяются наиболее ожидаемые значения «четких» параметров исследуемой системы (например, требуемые подачи насосной станции на разных интервалах графика водоподач).

2. Входящие параметры преобразуются в «нечеткие», при этом их значения задаются с определенным уровнем функции принадлежности.

3. Проводится оптимизация системы одним из известных методов (например, методом математического программирования).

4. Для полученного решения находится функция принадлежности.

5. Изменяя уровень принадлежности входящих параметров и повторяя вышеуказанные действия, находится максимальное значение функции принадлежности решения и соответствующие ему параметры системы.

Оптимизация основывается на первом приближении – традиционном технико-экономическом расчёте, при котором в заданном интервале времени выбранные характеристики системы попадают в допустимую область. В другой схеме совместного использования оптимизационных и имитационных моделей основой является включение имитационного блока в алгоритм оптимизации.

Носители функций принадлежности выбираются исходя из допустимых значений параметров, возможных интервалов их изменения, а также на основе накопленного опыта и системы предпочтений лица, принимающего решение.

Количественной оценкой отклонения параметра x от требуемого значе-

ния x_{mp} является функция принадлежности $\mu(x) \leq 1$, которая обычно достигает максимума при $x = x_{mp}$ ($\mu(x_{mp}) = 1$) [7], а в других, отличных от нуля точках, изменяется по одному из заданных законов (рис. 1): экспоненциальному (1), линейно-треугольному (2), трапецеидальному (3), в виде сопряжённых отрезков парабол (р-функций) (4), ступенчатому (5) и т.д.

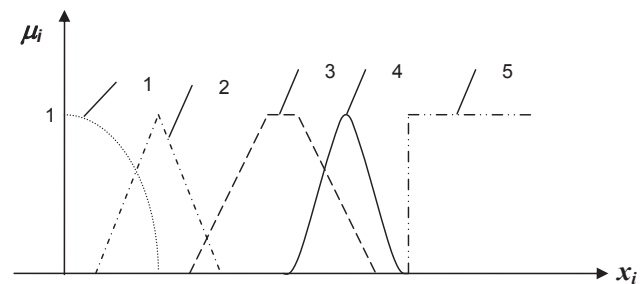


Рис. 1. Виды функций принадлежности

Функция принадлежности – это некоторая невероятностная субъективная мера нечеткости, определяемая в результате опроса экспертов о степени соответствия элемента x понятию, формализуемому нечетким множеством A [8].

Выбор функции принадлежности в значительной мере определяется объемом имеющейся информации о моделируемой системе, а также качеством методов настройки модели. Теория нечетких множеств не требует абсолютно точного задания функций принадлежности.

При малом объеме имеющейся информации о системе следует использовать простейшие функции принадлежности, состоящие из прямолинейных участков, для нахождения параметров которых требуется значительно меньшее количество информации. Наличие большого количества информации о системе в виде входных и выходных данных позволяет использовать более сложные функции принадлежности – такие, как гауссовы или гармонические, что приводит к моделям, более точным, чем при использовании функций, состоящих из прямолинейных участков.

На начальном этапе построения модели рекомендуется использовать простейшие функции принадлежности, а на последующих – проводить тестирование модели с применением более сложных функций принадлежности.

Наибольшее распространение при построении функций принадлежности нечет-

ких множеств получили прямые методы, когда эксперт или группа экспертов просто задают для каждого $x \in X$ значение функции принадлежности $\mu_A(x)$.

Результаты и обсуждения. Для создания нечеткой модели крупной насосной станции (НС) необходимо ввести лингвистические переменные (носители функций принадлежности), являющиеся входными параметрами системы, наряду с четкими исходными данными. Примерами таких переменных являются «величина требуемых подач» и «величина требуемого напора» насосной станции. Вид μ -функции принадлежности требуемых подач НС приведен на рисунке 2 [9].

Примерами выходной лингвистической переменной являются «включенные насосы» [2], «уровень воды» в регулирующей емкости в верхнем бьефе насосной станции, «подача насосной станции», «напор насосной станции», «величина экономического функционала». Вид экспоненциальной функции принадлежности экономического функционала приведен на рисунке 3 [9].

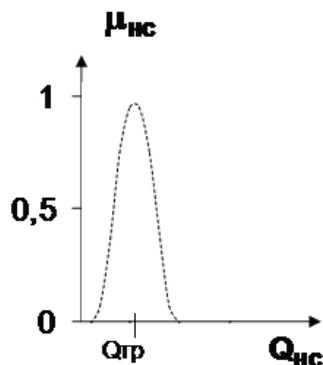


Рис. 2. Функция принадлежности требуемых подач насосной станции

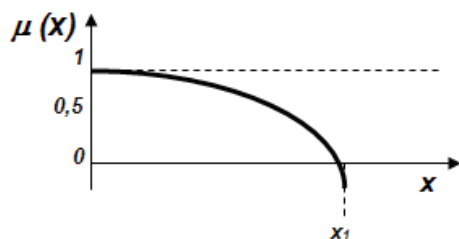


Рис. 3. Функция принадлежности экономического функционала

Для реализации лингвистической переменной необходимо определить точные физические значения ее термов.

Для каждого набора независимых переменных (требуемых подач, диаметров

и материала напорных трубопроводов; показателей надежности насосных агрегатов; параметров рабочих точек для разных схем напорных коммуникаций; параметров регулирующих емкостей и т.д.) определяем лингвистические переменные и получаем набор уровней принадлежности каждого контролируемого параметра, соответствующих ограничениям $(\mu_1, \mu_2 \dots \mu_n)$.

Заметим, что в этот набор входят функции принадлежности основной оптимизируемой величины (экономического функционала) и ограничений. Для сравнения решений необходимо свернуть полученный вектор в число. Это можно сделать, выбрав в качестве показателя оптимальности минимальный компонент вектора, т.к. остальные приближения являются лучшими:

$$m_{\min} = \min_i m_i \quad (1)$$

Тогда оптимальным будет решение (из k возможных), для которого этот минимум достигает максимального значения (принцип Беллмана-Заде) [11]:

$$Z_{\max} = m_{\text{opt}} = \max \min m_{ik} \quad (2)$$

Выводы

При проектировании, разработке рекомендаций по эксплуатации и при обосновании автоматизации насосных станций возникают вопросы неопределенности.

Задача выбора оптимальных нечетких параметров системы не может быть решена простым применением разных вариантов – необходим направленный поиск решения, при котором процесс изменения вариантов приводит к оптимальному решению. При этом наиболее эффективным является сочетание теории нечетких множеств и методов оптимизации.

Использование нечетких подходов расширяет область поиска оптимальных решений и позволяет получить параметры системы в целом, наиболее близкие к требуемым.

Библиографический список

1. Кудинов Ю.И., Уварова Л.В., Кудинов И.Ю. Разработка нечеткой системы регулирования с использованием LABVIEW // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2010. № 3 (21). С. 62-67.
2. Есилевский В.С., Кузнецов В.Н., Панов В.П. Управление насосными агрега-

тами К.Н.С. с помощью систем нечетко-нейронного управления // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2012. Вып. 9. Т. 8. С. 12-16.

3. **Буркова Ю.Г.** Оптимизация технико-экономических параметров крупных насосных станций с учетом их надежности: Автореферат диссертации кандидата технических наук: 06.01.02. М., 2000. 24 с.

4. **Буркова Ю.Г., Карамбиров С.Н., Манушин А.Т.** Выбор насосно-силового оборудования станций с учетом надежности работы элементов гидроузла // Вопросы совершенствования мелиоративных систем: Сб. трудов. М.: МГМИ, 1985. С. 77-81.

5. **Буркова Ю.Г., Карамбиров С.Н., Манушин А.Т.** Математическое моделирование режимов работы насосных станций каскада на ЭЦВМ // Повышение эффективности мелиоративных систем: Сб. трудов. М.: МГМИ, 1986. С. 127-133.

6. **Буркова Ю.Г.** Сопоставление результатов расчетов насосной станции как системы массового обслуживания и методом имитационного моделирования // Природообустройство и рациональное природопользование – необходимые условия социально-экономического развития России: Сборник научных трудов. Ч. 1 / Московский государственный университет природообустройства. М.: МГУП, 2005. С. 150-153.

7. **Малышев Н.Г., Берштейн Л.С., Боженьюк А.В.** Нечеткие модели для экспертных систем в САПР. М.: Энергоатомиздат, 1991. 136 с.

8. **Леоненков А.В.** Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTECH. СПб.: BHV-Санкт-Петербург, 2003. 736 с.

9. **Карамбиров С.Н.** Новые подходы в моделировании и оптимизации трубопроводных систем. Основы, концепции, методы. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. 355 с.

10. **Карамбиров С.Н., Буркова Ю.Г.** Анализ и синтез сложных инженерных систем с применением современных математических методов: Монография. М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2016. 193 с.

11. **Заде Л.** Понятие лингвистической переменной и его применение к понятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 166 с.

Материал поступил в редакцию 05.04.2017 г.

Сведения об авторах

Буркова Юлия Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий в строительстве, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Москва, ул. Большая Академическая, 44; тел.: 8(499)153-97-66; e-mail: burkova.msuee@mail.ru

Соколов Андрей Львович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры информационных технологий в строительстве, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Москва, ул. Большая Академическая, 44; тел.: 8(499)153-97-66; e-mail: andrey.sokolov2014@yandex.ru

YU.G. BYRKOVA, A.L. SOKOLOV

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university-MAA named after K.A. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

CHOICE OF OPTIMAL PARAMETERS OF A LARGE PUMPING STATION OF A RECLAMATION AND COMPLEX PURPOSE UNDER THE UNCERTAINTY CONDITIONS

The problems of application of the fuzzy sets theory are considered at modeling of large swapping pump stations for the purpose of the uncertainty accounting at their design and operation. According to the recommendations of effective standards the choice of estimated parameters is made inside the intervals intuitively, however there arise linguistic variables. During operation of such systems many parameters also continuously vary at intervals, in mathematical models their average values must be taken into account. The proposed model describing the behavior of the system under study makes it possible to consider uncertain variables as fuzzy with the assignment of each of these values to the membership function. There is given a specific algorithm for solving this problem, recommendations are given on the choice of the carrier and type of membership functions. Input and output linguistic variables are defined, the examples of which are "feeding of the pumping station", "head of the pumping station", "economic functional value" and terms. The problem of choosing the optimal fuzzy parameters of the system cannot be solved by a simple search of variants, a directed search for the solution is necessary in which

the process of changing variants leads to the optimal solution. In this case, the most effective is the combination of fuzzy sets theory and optimization methods. The use of fuzzy approaches widens the area of searching optimal solutions and allows obtaining the parameters of the system as a whole, closest to the required ones.

Uncertainty, linguistic variables, fuzzy-set theory, membership functions.

References

1. **Kudinov Yu.I., Uvarova L.V., Kudinov I.Yu.** Razrabotka nechetkoj sistemy regulirovaniya s ispolzovaniem LABVIEW // *Vesti vysshih uchebnyh zavedenij Chernozemjya*. 2010. № 3 (21). S. 62-67.
2. **Esilevsky V.S., Kuznetsov V.N., Panov V.P.** Upravlenie nasosnymi agregatami K.N.S. s povoshchjyu system nechetko-nejronnogo uprvleniya // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*. 2012. Vyp. 9. T. 8. S. 12-16.
3. **Burkova Yu.G.** Optimizatsiya tehniko-economiceskikh parametrov krupnyh nasosnyh stantsij s uchetom ih nadezhnosti: Avtoreferat dissertatsii candidate tehničeskikh nauk: 06.01.02. M., 2000. 24 s.
4. **Burkova Yu.G., Karambirov S.N., Manushin A.T.** Vybór nasosno-silovogo oborudovaniya stantsij s uchetom nadezhnosti raboty elementov hydrouzla // *Voprosy sovershenstvovaniya meliorativnyh system: Sb. trudov*. M.: MGMI, 1985. S. 77-81.
5. **Burkova Yu.G., Karambirov S.N., Manushin A.T.** Matematicheskoe modelirovanie rezhimov raboty nasosnyh stantsij cascada na ETSVM // *Povyshenie effektivnosri meliorativnyh system: Sb. Trudov*. M.: MGMI, 1986. S. 127-133.
6. **Burkova Yu.G.** Sopostavlenie resul'tatov raschetov nasosnoj stantsii kak sistemy massovogo obsluzhivaniya i metodom imitacionnogo modelirovaniya // *Prirodoobustrojstvo i ratsionalnoe prirodopolzovanie – neobhodimye usloviya sotsialjno-economiceskogo razvitiya Rossii: Sbornik nauchnyh trudov. Ch. 1 / Moscovskiy gosudarstvennyy universitet prirodoobustrojstva*. M.: MGUP, 2005. S. 150-153.
7. **Malyshev N.G., Bershtein L.S., Bozhenyuk A.V.** Nechetkie modeli dlya ekspertnyh system v SAPR. M.: Energoatomizdat, 1991. 136 s.
8. **Leonenkov A.V.** Nechetkoe modelirovanie v srede Matlab i fuzzyTECH. SPb.: BHV-Sankt-Peterburg, 2003. 736 s.
9. **Karambirov S.N.** Novye podhody v modelirovanii i optimizatsii truboprovodnyh. Osnovy, kontseptsii, metody. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. 355 c.
10. **Karambirov S.N., Burkova Yu.G.** Analiz i cintež slozhnyh inženernykh system s primeneniem sovremennykh matematicheskikh metodov: Monografiya. Izdatel'stvo RGAU-MSHA, 2016. 193 s.
11. **Zade L.** Ponyatie lingvisticheskoy peremennoy i ego primenenie k ponyatiyu priblizhennykh reshenij. M.: Mir, 1976. 166 s.

The material was received at the editorial office
05.04.2017

Information about the authors

Burkova Julia Gennadjevna, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of informational technologies in building, FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Bol'shaya Akademicheskaya, 44; tel.: 8(499)153-97-66; e-mail: burkova.msuee@mail.ru

Sokolov Andrey Ljvovich, candidate of technical sciences, senior researcher, associate professor of the chair of informational technologies in building, FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Bol'shaya Akademicheskaya, 44; tel.: 8(499)153-97-66; e-mail: andrey.sokolov2014@yandex.ru

УДК 502/504:631.6.02 (470.57)

Л.А. КАМАЛЕТДИНОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Башкирский государственный аграрный университет» (БГАУ), г. Уфа, Республика Башкирия, Российская Федерация

ОБОСНОВАНИЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ РЕЖИМОВ СТЕПНЫХ ВОДОСБОРОВ ЗАПАДНОГО БАШКОРТОСТАНА ПРИ ИХ КОМПЛЕКСНОМ ОБУСТРОЙСТВЕ

Целью исследования является обоснование мелиоративных режимов при комплексном обустройстве водосборов степной зоны Западного Башкортостана на основе источников литературы и результатов исследований. Общая современная ситуация территорий России, в том числе и Республики Башкортостан, характеризуется достаточно напряженным экологическим состоянием. Такое положение вызвано прогрессивным вовлечением и освоением ресурсного потенциала обширных территорий (в нашем случае – водосборов), усилением на них техногенного воздействия и нарушением взаимосвязей между природными компонентами в геосистемах и в системе «Человек-природа». Самой низкой степенью экологической устойчивости обладают водосборы степной зоны. Одним из путей повышения их экологической устойчивости является комплексное обустройство, которое одним из основных приемов предусматривает проведение водных мелиораций с соблюдением требуемых для данной зоны показателей мелиоративного режимов. Обоснование мелиоративных режимов при комплексном обустройстве водосборов выполнено на основе моделирования функционирования водосборов степной зоны Западного Башкортостана по программе «Катена». По результатам моделирования функционирования водосборов степной зоны в программе «Катена» разработаны рекомендации для водосборов степной зоны. Они рекомендуют регулярное орошение всех фаций, проведение поливов с предполивной влажностью 0,72 ППВ, осушение супераквальных фаций с нормами до 1,9 м. Относительная продуктивность водосборов в результате водных мелиораций возрастет в 3,3 раза. Изучено предполагаемое послемелиоративное состояние водосборов. Изменение составляющих местного стока после мелиораций во всех группах является благоприятным.

Степные водосборы, экологическое состояние, мелиорация, орошение, осушение, дренаж, мелиоративные мероприятия.

Введение. Изучение состояний водосборов, осуществленное многими учеными, как территорий с интенсивным освоением природных ресурсов, испытывающих антропогенное воздействие, показывает интенсивное ухудшение их экологической устойчивости.

Основными процессами, влияющими на состояние сельскохозяйственных угодий водосборов России, является подкисление почв, сработка запасов гумуса, водная и ветровая эрозия, техногенное загрязнение почв. По мнению башкирских ученых, в Республике Башкортостан преобладают процессы эрозии почв, сокращение лесов, деградация пашен и депрессия пастбищ. На мелиорированных землях к вышеуказанным негативным процессам добавляются повышенный промывной режим, усиливающий вымывание питательных веществ из почв, и загрязнение рек. Одним из основных факторов, снижающих экологическую устойчивость водосборов, яв-

ляется нарушение их экологической инфраструктуры. Распашка земель, свodka лесов и трансформация естественных биоценозов в агроценозы привели к изменению природных потоков вещества и энергии на водосборах и значительному нарушению их экологического каркаса.

Одним из методов повышения экологической устойчивости водосборов является комплексное обустройство, которое одним из основных приемов предусматривает проведение водных мелиораций.

Цель исследования. Обоснование мелиоративных режимов при комплексном обустройстве водосборов степной зоны Западного Башкортостана на основе источников литературы и результатов исследований.

Методология и ход исследования. Мелиорация земель должна повышать экологическую устойчивость водосбора, так как она в первую очередь оптимизирует тепло- и влагообеспеченность, что повы-

шает биологическую продуктивность земель, устраняет кислотность, засоленность, осолонцованность, загрязненность почв и, следовательно, повышает их плодородие; восстанавливает нарушенный почвенный и растительный покров. Это в свою очередь повышает устойчивость к негативным воздействиям, самоочищаемость и самовосстановление водосборов. Но таких результатов достигают только при строго дозированных мелиоративных воздействиях, соблюдении требуемых для данной зоны показателей мелиоративного режима. При их разработке использованы результаты картографических исследований территорий водосборов, исследований техногенных факторов, воздействующих на природные компоненты, и сравнительной оценки экологической устойчивости водосборов [1].

Обоснование мелиоративных режимов при комплексном обустройстве водосборов выполнено на основе моделирования, функционирования водосборов степной зоны Западного Башкортостана по программе «Катена» [2, 3].

Программа «Катена» позволяет рассчитывать показатели водного режима и продуктивности сопряженных фаций катен водосборов за бесконечно длительный промежуток времени. Временной интервал ограничивается только длительностью многолетних наблюдений за погодными условиями (в нашем случае – период с 1978 по 2016 гг.). Программа содержит численное решение двумерного уравнения влагопереноса в зоне аэрации и в зоне полного влагонасыщения [4].

Степная группа объединяет два водосбора, относящихся к подгруппе близких к засушливым [5].

При средних по степной группе годовых осадках 471 мм и эвапотранспирации 370 мм подземный отток из элювиальной в транзитную фацию составляет 9%, а из транзитной в супераквальную – 22% годовой суммы осадков. Дополнительный приток влаги в пониженную фацию составляет 175 мм, или 37% от годовых осадков.

В направлении от элювиальной к супераквальной фации весеннее увлажнение и впитывание в почву во всех подгруппах уменьшаются, а подземный отток и промываемость увеличиваются. Средняя относительная урожайность в естественных условиях составляет 0,17 от потенциальной урожайности [6].

Водосборам степной групп водосборов рекомендуются следующие методы мелиораций.

– **Орошение.** На водосборах групп наблюдается устойчивый дефицит увлажнения, и для повышения продуктивности водосборов рекомендуется регулярное орошение всех фаций.

– **Осушение.** Средняя минимальная многолетняя глубина супераквальных фаций составляет 1,5 м, однако они продолжают испытывать дополнительный приток влаги. На пониженных фациях рекомендуется организация систематического дренажа, понижающая минимальные уровни грунтовых вод до значений, вызывающих незначительную (до 5 мм/год) промываемость почв. При необходимости следует предусмотреть ловчую дренажную, ограждающую пониженные фации от притока подземных вод со склонов.

– **Соблюдение норм орошения и осушения.** Они не должны ухудшать экологическое состояние водосборов, т.е. мелиоративные составляющие устойчивости мелиорируемых фаций должны быть не ниже 1,0.

Результаты исследований. Изменение составляющих местного стока после мелиораций является благоприятным [7], а именно:

- годовой местный сток увеличивается с 93 до 136 мм;
- сток весеннего половодья уменьшается со 64 до 57 мм;
- меженный сток увеличивается со 29 до 79 мм.

Прогноз мелиоративного режима водосборов степной группы, установления путей оптимизации интенсивности дренирования с эколого-экономическим обоснованием оросительных норм представлен в таблицах 1, 2.

Проведенные мелиоративные мероприятия оптимизируют водный режим фаций, увеличивая прирост продуктивности фации (относительной урожайности).

Регулярное орошение фаций с экологически обоснованными нормами выравнивает значения статей водного баланса водосборов, и их вариация в основном происходит в зависимости от рельефа местности и глубины заложения грунтовых вод после мелиорации. Наибольшая оросительная норма наблюдается на водосборе Ашкадар (до 800 мм).

Таблица 1

**Результаты прогноза водного режима водосборов степной группы
после мелиорации**

Водосборы	ПВ	Статьи водного баланса, мм						ОУ	МГ
		ВВ	ОН	ЭТ	СД	ПО	ПП		
Подгруппа – близкие к засушливым катены									
Элювиальная фация									
Ашкадар	0.73	388	556	784	0	160	113	0.97	1.4
Кармасан	0.7	363	222	381	0	204	229	0.83	1.1
Среднее по подгруппе	0.72	376	389	583	0	182	171	0.90	1.3
Транзитная фация									
Ашкадар	0.73	366	556	314	0	201	71	0.72	5.9
Кармасан	0.7	345	222	334	0	805	22	0.72	2.0
Среднее по подгруппе	0.72	356	389	324	0	503	47	0.72	4.0
Супераквальная фация									
Ашкадар	0.73	389	797	741	76	681	537	0.96	2.1
Кармасан	0.7	362	44	368	510	3	48	0.98	1.6
Среднее по подгруппе	0.72	376	421	555	293	342	293	0.97	1.9

Примечание. ПВ – Предполивная влажность, в долях ППВ; ВВ – впитывание воды в почву весной и в теплый период; ОН – оросительная норма; ЭТ – эвапотранспирация; СД – сток в дренаж; ПО – подземный отток на пониженные фации; ПП – промываемость почвы; ОУ – относительная урожайность, доли; МГ – многолетняя минимальная глубина, м.

Таблица 2

**Результаты прогноза обобщенного водного режима катенводосборов
степной группы после мелиораций**

Фации	Ситуация	Статьи водного баланса, мм				ОУ
		ВВ	ЭТ	ПО	ПП	
Степная группа						
Элювиальная	естественный режим	369	312	51	60	0.12
	Мелиорация	765	583	182	171	0.90
Транзитная	естественный режим	344	362	149	62	0.36
	Мелиорация	745	324	503	47	0.72
Супераквальная	естественный режим	313	409	187	-153	0.31
	Мелиорация	797	555	635	293	0.97

Примечание. Сокращения те же, что и в таблице 1.

При осушении пониженных фаций нормой $1.5 \div 1.9$ м будет обеспечена экологической безопасностью и наблюдаться небольшая промываемость почв [8].

После мелиораций впитывание воды в почву увеличивается в среднем на 41%, эвапотранспирация – на 14%, подземный отток – на 69%, относительная урожайность – на 52%.

Экологически безопасная предполивная влажность 0,72 ППВ обеспечивается усредненной оросительной нормой у водосборов степной группы – 530 мм в год [9].

Выводы

1. Степные зоны обладают низкой степенью экологической устойчивости. Необходи-

мо повышение их экологической устойчивости путем проведения мелиорации.

2. На водосборах степной группы рекомендуется регулярное орошение всех фаций. Поливы следует проводить с предполивной влажностью 0,72 ППВ. Рекомендуется осушение супераквальных фаций с нормами до 1,9 м. Относительная продуктивность водосборов в результате мелиорации возрастет в 3,3 раза.

Библиографический список

1. Хафизов А.Р., Кутлияров Д.Н., Кутлияров А.Н. Комплексное обустройство степных водосборов Республики Башкортостан: Монография. Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2009. С. 80-82.

2. **Хафизов А.Р.** Моделирование природных процессов при комплексном обустройстве водосборов // Проблемы региональной экологии. 2010. № 4. С. 49.

3. **Хафизов А.Р., Хазипова А.Ф.** Модель рельефа земной поверхности ландшафтных катен водосборов западного Башкортостана / Материалы Международной научно-практической конференции «Состояние, проблемы и перспективы развития АПК», посвященной 80-летию ФГОУ ВПО Башкирский ГАУ. Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2010. С. 213-216.

4. **Хафизов А.Р.** Оптимизация структуры земельных угодий водосборов Башкортостана // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 2. С. 8-9.

5. **Хафизов А.Р., Кутляров Д.Н., Хазипова А.Ф.** Оптимизация структуры земельных угодий водосборов Башкортостана / Сборник «Научное обеспечение устойчивого функционирования и развития АПК»: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием в рамках XIX Международной специализированной выставки «АгроКомплекс-2009». Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2009. С. 297-300.

6. **Хафизов А.Р., Зубаиров Р.Р.** Геоморфологическая схематизация ландшафтной катены водосбора верхнего течения реки Белая // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2013. № 3 (27). С. 114-116.

7. **Камалетдинова Л.А.** Обоснование водных мелиораций водосборов лесостепной зоны РБ на основе их тепло-влажностности / Аграрная наука в инновационном развитии АПК. Ч. 1. 2015. С. 279-285.

8. **Камалетдинова Л.А.** Классификация и экологическое состояние водосборов степной зоны западного Башкортостана / Материалы Международной научно-практической конференции в рамках XXVI Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2016». Ч. 1. Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2015. С. 303-308.

9. **Камалетдинова Л.А.** Анализ экологического состояния водосборов степной зоны западного Башкортостана при их комплексном обустройстве / Материалы II Международной научно-практической конференции «Научное обеспечение как фактор устойчивого развития водного хозяйства». Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2016. С. 332-334.

Материал поступил в редакцию 01.04.2017 г.

Сведения об авторе

Камалетдинова Лилия Айратовна, аспирантка кафедры природообустройства, строительства и гидравлики, БГАУ, 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34; тел.: 89273488032; e-mail: lili-xa@yandex.ru

L.A. KAMALETDINOVA

Federal state budgetary educational institution of higher education «Bashkir state agrarian university» (BSAU), Ufa, Republic of Bashkortostan

SUBSTANTIATION OF RECLAMATION REGIMES OF STEPPE WATER CATCHMENTS OF THE WESTERN BASHKORTOSTAN UNDER THEIR COMPLEX DEVELOPMENT

The purpose of the investigation is substantiation of land reclamation regimes under complex development of steppe water catchments of the western Bashkortostan on the basis of literature sources and research results. The common modern situation of the Russia territories including Republic of Bashkortostan is characterized by a rather tense ecological state. Such situation is caused by progressive involvement and development of resource potential of extensive territories (in our case – water catchments), increasing of anthropogenic influence on them and violation of interrelations between natural components in geosystems and in the system «Man and nature». Catchments areas of a steppe zone possess the lowest degree of the ecological stability. One of the ways of increasing their ecological stability is a complex development which by one of the main ways provides for carrying out water reclamations with observing the required indicators of reclamation regimes demanded for this zone. Substantiation of reclamation regimes under complex development of water catchments is fulfilled on the basis of simulation of catchments functioning of the steppe zone of the Western Bashkortostan according to the «Caten» program. According to the results of simulation of catchments functioning of the steppe zone in the program «Caten» there are developed recommendations for water catchments of the steppe zone. They

recommend a regular irrigation of all facies, irrigation with a pre-irrigation humidity 0.72 FMC (field moisture capacity), drainage of super aquatic facies with norms up to 1.9 m. The relative efficiency of reservoirs as a result of water reclamations will increase by 3.3 times. The condition of reservoirs after reclamations is studied. Changes of the local flow components after reclamations in all groups are favorable.

Steppe water catchments, ecological state, melioration, irrigation, draining, drainage, melioration actions.

References

1. **Khafizov A.R., Kutliyarov D.N., Kutliyarov A.N.** Kompleksnoe obustroistvo stepnyh vodosborov Respubliki Bashkortostan: Monografiya. Ufa: Bashkirsky gosudarstvenny agrarny universitet, 2009. S. 80-82.
2. **Khafizov A.R.** Modelirovanie prirodnih protsessov pri kompleksnom obustroistve vodosborov // Problemy regional'noj ekologii. 2010. № 4. S. 49.
3. **Khafizov A.R., Khazipova A.F.** Model reljefa zemnoj poverhnosti landshaftnyh katen vodosborov zapadnogo Bashkortostana / Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-practicheskoy konferentsii «Sostoyanie, problem i perspektivy razvitiya APK», posvyashchennoj 80-letiyu FGOU VPO Bashkirsky GAU. Ufa: Bashkirsky gosudarstvenny agrarny universitet, 2010. S. 213-216.
4. **Khafizov A.R.** Optimizatsiya struktury zemelnyh ugodij vodosborov Bashkortostana // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2010. № 2. S. 8-9.
5. **Khafizov A.R., Kutliyarov D.N., Khazipova D.N.** Optimizatsiya struktury zemelnyh ugodij vodosborov Bashkortostana / Sbornik «Nauchnoe obespechenie ustojchivogo funkcionirovaniya i razvitiya APK»: Materialy Vserossijskoj nauchno-practicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem v ramkah XIX Mezhdunarodnoj spetsializirovannoj vystavki «AgroKomplex-2009». Ufa: Bashkirsky gosudarstvenny agrarny universitet, 2009. S. 297-300.
6. **Khafizov A.R., Zubairov R.R.** Geomorfologicheskaya skhematizatsiya landshaftnoj kateny vodosbora verhnego techeniya reki Be-
laya // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 3 (27). S. 114-116.
7. **Kamaletdinova L.A.** Obosnovanie vodnyh melioratsij vodosborov lesostepnoj zony RB na osnove ih teplo-vлагоobespechennosti / Agrarnaya nauka v innovatsionnom razvitii APK. Ch. 1. 2015. S. 279-285.
8. **Kamaletdinova L.A.** Klassifikatsiya I ekologicheskoe sostoyanie vodosborov stepnoj zony zapadnogo Bashkortostana / Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-practicheskoy konferentsii v ramkah XXVI Mezhdunarodnoj spetsializirovannoj vystavki «Agrocomplex-2016». Ch. 1. Ufa: Bashkirskij gosudarstvenny agrarny universitet, 2015. S. 303-308.
9. **Kamaletdinova L.A.** Analiz ekologicheskogo sostoyaniya vodosborov stepnoj zony zapadnogo Bashkortostana pri ih kompleksnom obustroistve / Materialy II Mezhdunarodnoj nauchno-practicheskoy konferentsii «Nauchnoe obespechenie kak factor ustojchivogo razvitiya vodnogo hozyajstva». Ufa: Bashkirskij gosudarstvenny agrarny universitet, 2016. S. 332-334.

The material was received at the editorial office
01.04.2017

Information about the author

Kamaletdinova Liliya Airatovna, post-graduate student of the chair of environment engineering, building and hydraulics, BSAU, 450001, Republic of Bashkortostan, Ufa, ul. 50-letiya Oktyabrya, 34; tel.: 89273488032; e-mail: lili-xa@yandex.ru

УДК 502/504:631.432:631.6:631.95(574)

Н.П. КАРПЕНКОФедеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация**А.С. СЕЙТКАЗИЕВ**

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

**ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОЕ ОБОСНОВАНИЕ
ВОДНО-СОЛЕВОГО РЕЖИМА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ
ТАЛАССКОГО МАССИВА ОРОШЕНИЯ
ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ**

Главной темой и объектом исследований являются сероземно-луговые почвы Таласского массива орошения Жамбылской области Казахстана, которые вследствие высокой природной засоленности характеризуются неудовлетворительным эколого-мелиоративным состоянием. Основная цель исследований заключается в эколого-мелиоративном обосновании водно-солевого режима засоленных почв на оросительных системах Жамбылской области. В работе основное внимание уделено мелиоративно-экологическому обоснованию водно-солевого режима засоленных почв, которые для восстановления их плодородия и улучшения эколого-мелиоративного состояния нуждаются в проведении комплексных мелиораций. На основе проведенных исследований почвенных и эколого-мелиоративных условий сероземно-луговых почв, характеризующихся высокой степенью засоленности и недостаточной влагообеспеченностью, выполнено обоснование регулирования водного и солевого режима корнеобитаемого слоя с учетом распределения атмосферных осадков, подачи оросительных и дренажных вод для улучшения почвообразовательных процессов. Полученные результаты исследований позволили разработать методы определения запасов солей поверхностных и грунтовых вод, испарения с поверхности грунтовых вод по исследуемым объектам, которые могут быть использованы для разработки технологий по восстановлению и нормализации почвенно-экологического состояния орошаемых земель для повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий.

Засоленные почвы, орошаемые земли, мелиорация, плодородие почв, эколого-мелиоративные условия, водно-солевой режим, грунтовые воды, дренажные воды.

Введение. Эффективность мелиоративного использования сероземно-луговых почв в Жамбылской области Казахстана связана с серьезными изменениями в почвообразовательных и природных процессах на орошаемых и прилегающих к ним землях, которые не позволяют получать гарантированные урожаи сельскохозяйственных культур. В настоящее время значительная часть орошаемых земель этой области находится в неудовлетворительном эколого-мелиоративном состоянии из-за высокой степени засоления почвенного покрова, пород зоны аэрации, грунтовых вод, слабой естественной дренированности, нерационального использования водных ресурсов, земельных ресурсов и отсутствия стратегических и тактических решений развития мелиорации в Жамбылской области.

Для управления мелиоративным режимом на орошаемых землях необходим комплекс мелиоративных мероприятий,

обеспечивающий получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур хорошего качества при наименьших затратах водных, трудовых, материальных ресурсов на единицу продукции и сохранение устойчиво-благоприятного мелиоративного состояния орошаемых земель и прилегающих территорий.

Для выяснения причин неблагоприятного мелиоративного состояния земель и обоснованного выбора мероприятий по его улучшению требуется системный подход для мелиоративных и эксплуатационных показателей. К ним относятся отношение величин испарения и дренажного стока к водозабору и водоподаче, значения КПД системы, коэффициентов использования водных ресурсов, водопотребления сельскохозяйственных культур и др. Основными критериями, которые характеризуют мелиоративное состояние орошаемых земель и интегрально отражают ход мелиоратив-

ного процесса на орошаемой территории, являются режим уровней и минерализация грунтовых вод, степень и тип засоления почв, урожайность сельскохозяйственных культур.

Одним из критериев, повышающих уровень агротехники, является агротехническая система обработки почвы. Она должна находиться на особо высоком уровне, так как является основным условием получения высоких урожаев орошаемых культур и служит одним из главных средств повышения плодородия и качества орошаемых земель, целесообразного и эффективного использования подаваемой на орошение воды [1].

В системе обработки засоленных почв особое значение приобретает глубокая (на 0,25...0,35 м) зяблевая вспашка, которая способствует повышению водопроницаемости почвы и нарушению капиллярной связи верхнего пахотного слоя почвы, так как запаздывание ведет к резкому иссушению верхних горизонтов почвы, их сильному уплотнению, восстановлению капиллярных путей подъема грунтовых вод, и в конечном итоге – к накоплению солей. Однако проводить вспашку засоленных почв в весенний период не допускается.

При регулировании водного режима почвы важное значение имеет мощность увлажняемого слоя почвы, которая в период вегетации непостоянна и возрастает по мере развития корневой системы растений в глубь. В связи с этим расчетный увлажняемый слой под сахарной свеклой, люцерной и яровыми культурами в мае и первой половине июня на мощных сероземах должен приниматься не более 0,5...0,6 м. На мощных сероземах и на луговых почвах с глубоким залеганием грунтовых вод он ограничивается слоем, ниже которого влажность почвы поддерживается на уровне его наименьшей влагоемкости путем капиллярного подпитывания от грунтовых вод и принимается равной при залегании грунтовых вод 2...3-0,8...1,0 м; при 1...2 м – 0,7...0,8 м [2].

Материал и методы исследований. Жамбылская область в природно-климатическом отношении расположена в пустынной зоне умеренного пояса. Эта зона занимает наибольшую часть равнинной территории республики, расположенную к югу от полупустынь, и подгорные наклонные равнины горных систем. Зона в целом характеризуется очень малым количеством атмосферных осадков, большой величиной

испаряемости и значительными суточными и годовыми колебаниями температуры воздуха и почвы, что обуславливает резкую континентальность и засушливость климата. Основная характерная черта пустынного климата – засушливость, которая непосредственно определяет границы пустынной зоны и создает своеобразие ее ландшафтов. Годовая сумма осадков составляет не более 250 мм, а во многих районах их количество колеблется от 100 до 200 мм.

Лето отличается очень высокими температурами. Средняя июльская температура колеблется от 23...25° на севере и до 30° на юге зоны. Погода летнего периода характеризуется большой устойчивостью, частотой повторяемостью атмосферных засух, большими суточными амплитудами температуры воздуха и почв. Продолжительность летнего периода составляет в среднем 150-170 дней, в течение которых выпадает всего лишь 20...25% от общей, ничтожно малой годовой суммы осадков. Однако при орошении пустынные почвы могут давать высокие урожаи разнообразных культур. Сельскохозяйственные растения, выращенные на пустынных орошаемых почвах, содержат больше микроэлементов и различных полезных солей, чем выращенные на землях в увлажненном климате.

Полевые исследования, необходимые для разработки методов прогноза водно-солевого режима мелиорированных земель, проводились на опытных участках, характеризующих пять групп почв в низовьях реки Талас ТОО «Туймекент» Байзакского района Жамбылской области по механическому составу и фильтрационной способности. Общая площадь опытного участка составляла 25 га [3].

Для эколого-мелиоративного обоснования водно-солевого режима засоленных сероземно-луговых почв предусматриваются промывки на фоне горизонтального дренажа. Для оценки работы существующего горизонтального дренажа и последующих технико-экономических расчетов по разработке технологии и обоснованию мелиоративных мероприятий, обеспечивающих оптимальной водно-солевой режим расчетного слоя (0...1,0 м) почвы, необходимо последовательно рассчитать:

– допустимую глубину залегания грунтовых вод в зависимости от минерализации грунтовых и оросительных вод, допустимого увеличения засоления 0...1,0 м слоя почвы

за вегетацию, оросительной нормы и суммарного испарения по формуле [4]

$$S_{дон} = [1 - (0,3 \cdot S_H \cdot \gamma \cdot h \cdot 10^5 - O_{бр} \cdot M_{пол} / I_o \cdot M_{зр})^{2/3}] \cdot H_K,$$

где $S_{дон}$ – допустимая глубина залегания грунтовых вод, м; S_H – содержание солей в 0...1 м слое почвы в начале вегетации, ‰; γ – плотность 0...1 м слоя почвы, т/м³; h – расчетный слой почвы, м; $O_{бр}$ – оросительная норма брутто, м³/га; $M_{пол}$, $M_{зр}$ – минерализация грунтовой и оросительной воды, г/л; I_o – суммарное испарение за вегетацию, м³/га; H_K – высота капиллярного поднятия, м;

– накопление солей за вегетацию, которое проводится по зависимостям

$$S_{зр} = \frac{I_{зр} \cdot M_{зр}}{\gamma \cdot h \cdot 10^5};$$

$$S_{пол} = O_{бр} \cdot M_{пол} / \gamma \cdot h \cdot 10^5;$$

$$S_{зр} + S_{пол} < 0,3 \cdot S_H;$$

$$S_{зр} + S_{пол} > 0,3 \cdot S_H,$$

где $S_{зр}$ – содержание солей в грунтовых водах, т/га; $S_{пол}$ – содержание солей в поливной воде, т/га; S_H – начальное содержание солей в расчетном слое, т/га. Остальные обозначения прежние;

– испарение грунтовых вод ($I_{зр}$), рассчитываемое по формуле:

$$I_{зр} = I_o (1 - Z / H_K)^{3/2},$$

где I_o – суммарное испарение за вегетацию, м³/га; Z – глубина залегания грунтовых вод, м; H_K – высота капиллярного поднятия, м;

– скорость фильтрации воды (V) в зависимости от фактических параметров дренажа, которая может быть получена по формулам:

$$V = \chi(14,7 \cdot h_1 / b - 0,006);$$

$$h_1 = t_{др} - \frac{1}{2}h - h_o,$$

где χ – показатель, соответствующий параметру водоотдачи (μ); h_1 – напор, под действием которого происходит фильтрация воды в междренье, м; b – междреннее расстояние, м; h – расчетный слой почвы, м; $t_{др}$ – глубина заложения дренажа, м; h_o – наполнение воды в дрене, м;

– расчетное количество воды для вымыва солей, накопившихся за вегетационный период, которое следует проводить по формулам:

$$S_H = 100 \cdot h \cdot \gamma_o \cdot S_o;$$

$$S_K = 100 \cdot h \cdot \gamma_o \cdot S_o(0,55...0,75),$$

где S_H – начальное содержание солей, т/га; S_K – конечное содержание солей, т/га; γ_o – плотность почвы, т/м³; h – расчетный слой, м. Величины диапазона (0,55...0,75) принимаются в зависимости от степени засоления (0,55 – для слабозасоленных почв; 0,65 – для средnezасоленных почв; 0,75 – для сильнозасоленных почв);

– количество воды, необходимое для поддержания требуемого солевого режима 0...1,0 м и слоя почвы, которое можно считать по зависимости

$$O_1 = N - (\Phi + O_c),$$

где O_1 – количество воды, необходимое для поддержания требуемого солевого режима 0...1,0 м и слоя почвы, м³/га; N – расчетное количество воды для вымыва солей, накопившихся за вегетационный период, м³/га; Φ – потери воды на фильтрацию, использующиеся для питания грунтовых вод и зависящие от техники полива, м³/га; O_c – осадки, просочившиеся в грунтовые воды за невегетационный период, м³/га;

– внутригодовые колебания уровней грунтовых вод при обычном режиме орошения;

– технико-экономический расчет по формулам.

Приведенные затраты (3) для поддержания требуемого водно-солевого режима 0...1,0 м слоя почвы могут быть представлены зависимостями [5]

$$Z = EK + C_{экспл} + C_{опресн} = \min,$$

где K – капитальные затраты на устройство дренажа, руб/га;

$$K = 1,308 \cdot \gamma \cdot t_{др} \cdot 10^4 / b,$$

E – нормативный коэффициент; $C_{экспл}$ – эксплуатационные затраты для поддержания дренажа в рабочем состоянии (для закрытых дрен $C_{экспл} = 3,24 + 0,023K + 1850 / b / 0,925$, для открытых дрен $C_{экспл} = 3,24 + 0,058K + 9700 / b / 0,925$), руб/га; $C_{опресн}$ – эксплуатационные затраты, связанные с введением опреснительного режима орошения, руб/га; $C_{опресн} = \Delta O_p \cdot (P + C / ml)$; γ – коэффициент, зависящий от материала труб (для керамических он равен 5,8; при открытом дренаже – 1,73); P – стоимость воды, равная 4 руб/м³ в вегетационный период и 5 руб/м³ – при подаче воды в невегетационный период; C – заработная плата поливальщика 12 тыс. руб/мес.; m – производительность поливов в смену 900 м³; l – число смен за месяц, принимаемое за 22 смены. Остальные обозначения представлены выше.

Результаты и обсуждение. Допустимая глубина залегания уровней грунтовых вод на землях, склонных к засолению,

при наличии минерализованных грунтовых и оросительных вод зависит от совокупного действия факторов, к числу которых относятся тип засоления почв, тип и минерализация грунтовых и оросительных вод, допустимое увеличение засоления верхнего метрового слоя почвы за вегетационный период, величина оросительной нормы и сум-

марное испарение за вегетацию, высота капиллярного поднятия, которые определяются по зависимостям [6, 7].

Расчеты, выполненные по оценке основных характеристик и показателей эколого-мелиоративного состояния почв Таласского массива орошения Жамбылской области, приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Основные характеристики и показатели
эколого-мелиоративного состояния почв Таласского массива орошения**

Состав почвы	Слой почвы, м	Плотность почвы, γ , т/м ³	Содержание солей, S_n , %	Минерализация оросительной воды, $M_{пол}$, г/л	Минерализация грунтовой воды, $M_{гр}$, г/л	Оросительная норма, $O_{бр}$, брутто, м ³ /га	Суммарное испарение за вегетацию, I_0 , м ³ /га	Высота капиллярного поднятия, H_k , м	Допустимая глубина залегания грунтовых вод, $S_{доп}$, м
Легкий суглинок	0,3	1,35	0,45	0,6	0,5	2000	5000	2	3,5
Средний суглинок	0,5	1,41	0,62	1,2	1,5	4000	4000	2,5	2,3
Суглинистый	0,6	1,45	0,75	2,0	2,6	7000	3000	3	1,31
Глина	0,8	1,49	0,80	2,7	3,0	8000	2500	3,5	1,23

Для изучения испарения с поверхности уровня грунтовых вод на каждом опытном участке было выделено пять площадок, лишенных растительности. Площадки отличались друг от друга по солесодержанию почвогрунтов и минерализации грунтовых вод.

Проведенные многолетние исследования показали, что определенному солесодержанию почвогрунтов соответствует определенная минерализация грунтовых вод. Так, если среднее солесодержание в верх-

нем метровом слое почвогрунтов составляет не более 0,30‰ и на трехметровой глубине не превышает 0,6‰ (по плотному остатку), то в таких местах минерализация грунтовых вод колеблется от 2 до 5 г/л. Испарение с поверхности грунтовых вод определялось по методу водного баланса. Для этой цели использовались материалы полевых лизиметрических определений [8].

Полученные результаты полевых исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Результаты полевых определений содержания солей в почвах,
минерализации грунтовых вод и испарения в зависимости
от глубины залегания уровня грунтовых вод**

Минерализация грунтовых вод, г/л	Начальное засоление, (0...1,0 м)		Уровень залегания грунтовых вод, м							Примечание	
			0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	3,0	3,5		4,0
	%	т/га	Испарение с поверхности грунтовых вод (ИПГВ), м³								
Средний суглинок			1295	912	640	307	142	24	6,8	0	γ = 1,43 т/м³; n = 1,1; H _{вс} = 4 м
1	0,35	50	1,295	0,912	0,64	0,307	0,142	0,024	0,007	0	
			0,648	0,456	0,32	0,154	0,071	0,012	0,003		
2	0,46	66	2,590	1,824	1,28	0,614	0,284	0,048	0,014	0	
			0,852	0,600	0,421	0,202	0,093	0,016	0,004		
2.5	0,75	107	3,228	2,28	1.60	0,768	0,355	0,060	0,017	0	
			1,389	0,978	0,686	0,327	0,152	0,026	0.007		
3.0	1,0	143	3,885	2,736	1,92	0,921	0,426	0,072	0.020	0	
			1,852	1,304	0,915	0,439	0,203	0,034	0,010		
4.0	1,4	200	5,18	3,648	2,56	1,228	0,568	0.096	0,027	0	
			2,593	1,826	1,28	0,615	0,284	0.048	0,014		

$\gamma = 1,43 \text{ т/м}^3$;
 $n = 1,1$;
 $H_{enc} = 4 \text{ м}$

Как следует из таблицы 2, наиболее высокие значения испарения с поверхности грунтовых вод наблюдаются, когда уровень грунтовых вод залегает на глубине выше 1 м от поверхности земли, а наименьшие значения – на глубинах более 2,0 м. Анализ и обработка материалов показали, что связь испарения грунтовых вод с глубиной залегания их уровня имеет логарифмический характер и подчиняется уравнению [9, 10]:

$$E_{\text{ИПГВ}} = E_o(1 - h / H_{\text{ВПС}}) \cdot e^{-nh},$$

где $E_{\text{ИПГВ}}$ – испарение с поверхности грунтовых вод, м³/га; E_o – испаряемость поверхности почвы, м; h – глубина залегания грунтовых вод, м; $H_{\text{ВПС}}$ – водоподъемная способность почвогрунтов, м; e – основание натуральных логарифмов; n – параметр, учитывающий водно-физические свойства почвогрунтов.

Испаряемость с поверхности почвы (E_o) в условиях Средней Азии определяется по формуле:

$$E_o = 0,0018(25 + t)^2 \cdot (100 - a),$$

где t – температура воздуха, °С; a – относительная влажность воздуха, %.

Величины водоподъемной способности (капиллярного поднятия грунтовых вод) определялись в зависимости от механического состава почвогрунтов. Было установлено, что для пяти групп почв водоподъемная способность составляет соответственно 2,0; 2,6; 4,0; 5,0; 6,0 м. Параметр, учитывающий водно-физические свойства почвогрунтов, увеличивается от почвы, имеющей легкий механический состав, к почвам с тяжелым мехсоставом; по пяти группам почв величина капиллярного поднятия грунтовых вод составляет соответственно 0,7; 0,9; 1,1; 1,3; 1,5.

Запасы солей в почве определялись по формуле:

$$S = 100 \cdot h \cdot \gamma_o \cdot S_o,$$

где S – содержание запасов солей, т/га; h – расчетный слой почвы, м; S_o – начальное содержание запасов солей, %.

Количество поднявшихся солей на верхние слои почв за счет испарения грунтовых вод (S_1) можно определить формулой:

$$S_1 = E_{\text{ИПГВ}} \cdot M / 10^3 \cdot \gamma_c,$$

где $E_{\text{ИПГВ}}$ – испарение с поверхности грунтовых вод, м³/га; M – минерализация грунтовых вод, т/м³; γ_c – плотность воды, т/м³; h – слой почвогрунтов, в котором идет накопление солей, м.

Определение запасов солей с учетом степени засоленности почвогрунтов (S_2) производилось по зависимости

$$S_2 = S_o \cdot \gamma_o \cdot E_{\text{ИПГВ}} / 1000.$$

Таким образом, было установлено, что для засоленных сероземно-луговых почв Жамбылской области испарение с поверхности грунтовых вод (ИПГВ) является самым важным фактором засоления почв. Поэтому количественное определение этой величины для почвогрунтов, характеризующихся различными водно-физическими свойствами, имеет большое научное и практическое значение.

Выводы

Необходимость изучения режима грунтовых вод в условиях орошения и промывки связана с положением этих вод относительно поверхности земли, способствующих возникновению засоленных почв. На основе многолетних полевых исследований по изучению почвенно-экологических условий сероземно-луговых засоленных почв для эффективного использования водных ресурсов в орошаемых зонах разработаны методы улучшения эколого-мелиоративных условий на фоне глубокого рыхления и рекомендованы методы определения запасов солей от испарения с поверхности грунтовых вод.

Исследования проводились на сероземно-луговых почвах, где наблюдается выпотный тип водного режима, который создается на землях, где годовая испаряемость значительно превышает годовую сумму осадков и отмечается близкое залегание уровня грунтовых вод. Поэтому грунтовые воды поднимаются к поверхности земли и частично испаряются. Если грунтовые воды являются засоленными, то неизбежно происходит засоление почвенной толщи солями, которые содержатся в грунтовых водах. В ходе проведенных исследований были определены запасы солей в почве и величины испарения с поверхности грунтовых вод в зависимости от глубины залегания грунтовых вод. При этом учитывались водно-физические свойства почв и, соответственно, содержание солей и минерализация грунтовых вод.

Проведенные исследования и полученные результаты представляют собой научные основы экологического регулирования сероземно-луговых почв хлоридно-сульфатного засоления для условий Таласско-

го массива орошения, которые позволяют на принципах математического моделирования обеспечивать требуемые параметры мелиоративного режима почв и повышение экологической устойчивости агроландшафтов в Жамбылской области.

Библиографический список

1. Каплинский М.И., Дуюнов И.К., Госсу Л.К. Руководящий документ – методические указания по выбору и обоснованию мероприятий для поддержания требуемого водно-солевого режима почвогрунтов. Фрунзе: ВСМО «СОЮЗВОДСИ-СТЕМАВТОМАТИКА», 1985. 32 с.

2. Сейтказиев А.С., Салыбаев С.Ж. Обоснование физическое моделирования влаги переноса солей в расчетном слое почвогрунта // Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. Астана. 2009. № 4(71). С. 170-174.

3. Карпенко Н.П., Сейтказиев А.С., Маймакова А.К. Экологическая оценка деградации сероземно-луговых почв Жамбылской области // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 12(54). Ч. 1. С. 132-135.

4. Seitkaziyevev Adeubai, Shilibek Kenzhegali, Salybaiev Satipalde, Seitkaziyevev Karlygash. The Research of the Ground Water Supply Process on Irrigated Soils at Various Flushing Technologies // World Applied Journal. 2013. № 26(9). P. 1168-1173.

5. Сейтказиев А.С., Буданцев К.Л. Моделирование водно-солевого режима на засоленных землях / Межвузовский сборник научных трудов по гидротехническому и специальному строительству; Под ред. д.т.н., проф. А.И. Альхименко, д.т.н., проф. М.Г. Зерцалова / Московский государственный строительный институт; Санкт-Петербургский государственный технический университет. М.: МГСУ. 2002. С. 72-79.

6. Сейтказиев А.С., Жапарова С.Б., Хожанов Н.Н., Сейтказиева К.А. Экологиче-

ская оценка процессов загрязнения агроландшафтов и методы улучшения засоленных земель. Утв. ученым советом Кокшетауского университета им. А. Мырзахметова. Протокол № 10 от 20 июня 2016 г. Кокшетау. 2016. 278 с.

7. Сейтказиев А.С., Байзакова А.Е. Режим грунтовых вод, приуроченных к бассейнам рек // Вопросы мелиорации. 2003. № 5-6. С. 93-98.

8. Seitkaziyevev Adeubai, Asanov Amankait, Shilibek Kenzhegali, Khozhanov Nietbai. Saline Land Ecological Assessment in Gray-Meadow Soils Environment // World Applied Journal. 2013. № 26(9). P. 1234-1238.

9. Сейтказиев А.С., Салыбаев С.Ж., Музбаева К.М., Байзакова А.Е. Экологическая оценка продуктивности улучшения засоленных земель в пустынных зонах Республики Казахстан. Утв. ученым советом Каспийского государственного университета технологии и инжиниринга им. Ш. Есенова. Протокол № 5 от 16 июня 2011 г. / ТОО «BIG NEO SERVICE». Тараз, 2011 274 с.

10. Сейтказиев А.С., Тайчибеков А., Сейтказиев К.А. Methods of Salt and Alkaline Soil Improvment in Zhambylsk Region // European Researcher. 2013. Vol. (64). № 12-1. P. 2768-2773.

Материал поступил в редакцию 23.03.2017 г.

Сведения об авторах

Карпенко Нина Петровна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: npkarpenko@yandex.ru.

Сейтказиев Адеубай Садакбайулы, доктор технических наук, профессор, ТарГУ им. М.Х. Дулати, Республика Казахстан, 484000, г. Тараз, ул. Толеби, 60; e-mail: adeubai@mail.ru

N.P. KARPENKO

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

A.S. SEITKAZIYEV

Tarazsky state university named after M.Kh. Dulati, Taraz, Kazakhstan

ECOLOGICAL-RECLAMATION SUBSTANTIATION OF WATER-SALT REGIME OF SALINE SOILS OF THE TALAZSKY MASSIF OF IRRIGATION OF THE ZHAMBYL AREA

The main theme and object of the research are serozem-meadow soils of the Talazsky massif of irrigation of the Zhambyl area of Kazakhstan which due to high natural salinity

are characterized by unsatisfactory ecological and reclamation conditions. The main purpose of the research is the ecological-reclamation substantiation of the water-salt regime of saline soils which for restoration of their fertility and improvement of the ecological and reclamation condition need a complex of land reclamation. Based on the conducted investigations of soil and ecological-meliorative conditions of the serozem-meadow soils characterized by a high degree of salinity and insufficient water availability there was fulfilled a substantiation of the regulation of the water and salt regime of the root layer taking into account distribution of atmospheric precipitation, supply of irrigation and drainage water to improve soil-forming processes. The obtained research results made it possible to develop methods for determination of salt reserves of surface and groundwater water, evaporation from the groundwater surface in the investigated objects that can be used to development technologies for restoring and normalizing the soil and ecological state of irrigated lands to increase the productivity of agricultural land.

Saline soils, irrigated lands, melioration, fertility of soils, ecological-meliorative conditions, water-salt regime, ground water, drainage water.

References

1. **Kaplinsky M.I., Duyunov I.K., Gossu L.K.** Rukovodyashchij document – metodicheskie ukazaniya po vyboru i obosnovaniyu meropriyatij dlya podderzhaniya trebuemogo vodno-solevogo rezhima pochvogrunto. Frunze: VSMO «SOYUZVODSISTEMAVTOMATIKA», 1985. 32 S.
2. **Seitkazyev A.S., Salybaev S.Zh.** Obosnovanie fizicheskoe modelirovaniya vlagi perenosa solej v raschetnom sloe pochvogrunta // Vestnik ENU im. L.N. Gumileva. Astana. 2009. № 4(71). S. 170-174.
3. **Karpenko N.P., Seitkazyev A.S., Maimakova A.K.** Ecologicheskaya otsenka degradatsii serozemno-lugovyh pochv Zhambylskoj oblasti // Mezhdunarodny nauchno-issledovateljsky zhurnal. 2016. № 12(54). Ch. 1. S. 132-135.
4. **Seitkazyev Adeubai, Shilibek Kenzhagali, Salybaiev Satipalde, Seitkazyeva Karlygash.** The Research of the Ground Water Supply Process on Irrigated Soils at Various Flushing Technologies // World Applied Journal. 2013. № 26(9). P. 1168-1173.
5. **Seitkazyev A.S., Budantsev K.L.** Modelirovanie vodno-solevogo rezhima na zasolenykh zemlyah / Mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov po hidrotehnicheskomu i spetsialnomu stroitelstvu; Pod. red.d.t.n., prof. A.I. Aljhimenko, d.t.n. M.G. Zertsalova / Moskovskiy gosudarstvennyy stroitel'nyy institut; Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy tehnikeskij universitet. M.: MGSU. 2002. S. 72-79.
6. **Seitkazyev A.S., Zhaparova S.B., Hozhanov N.N., Seitkazyeva K.A.** Ecologicheskaya otsenka protsessov zagryazneniya agrolandshaftov i metody uluchsheniya zasolenykh zemel. Utv. uchenym sovetom Kokshetauskogo universiteta im. A. Myrzahmetova. Protokol № 10 ot 20 iyunya 2016 g. Kokshetau. 2016. 278 s.
7. **Seitkazyev A.S., Baizakova A.E.** Rezhim gruntovykh vod, priurochennykh k bassinam rek // Voprosy melioratsii. 2003. № 5-6. S. 93-98.
8. **Seitkazyev Adeubai, Asanov Amankait, Shilibek Kenzhagali, Khozhanov Nietbai.** Saline Land Ecological Assessment in Gray-Meadow Soils Environment // World Applied Journal. 2013. № 26(9). P. 1234-1238.
9. **Seitkazyev A.S., Salybaiev S.Zh., Muzbaeva K.M., Baizakova A.E.** Ecologicheskaya otsenka produktivnosti uluchsheniya zasolenykh zemel v pustynnykh zonakh Respubliki Kazakhstan. Utv. uchenym sovetom Kaspijskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta tehnologij i inzhiniringa im. Sh. Esenova. Protokol № 5 ot 16 iyunya 2011 g. / TOO «BIG NEO SERVICE». Taraz, 2011 274 s.
10. **Seitkazyev A.S., Taichibekov A., Seitkazyeva K.A.** Methods of Salt and Alkaline Soil Improvement in Zhambylsk Region // European Researcher. 2013. Vol. (64). № 12-1. P. 2768-2773.

The material was received at the editorial office
23.03.2017

Information about the authors

Karpenko Nina Petrovna, doctor of technical sciences, associate professor, professor of the chair of hydrology, hydrogeology and flow regulation, RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow ul. Timiryazevskaya, 49; e-mail: npkarpenko@yandex.ru.

Seitkazyev Adeubai Sadakbaiuly, doctor of technical sciences, professor, TarSU named after M.Kh. Dulati, Republic of Tajikistan, 484000, Taraz, ul. Tolebi, 60; e-mail: adeubai@mail.ru

УДК 502/504: 631.6:551.583

Л.В. КИРЕЙЧЕВА, И.В. ГЛАЗУНОВА

Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова», г. Москва, Российская Федерация

РАЗВИТИЕ И РАЗМЕЩЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕЛИОРАЦИЙ В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Рассмотрены вопросы адаптации сельского хозяйства в условиях глобального и регионального изменения климатических показателей в европейской части России путем развития сельскохозяйственных мелиораций. Показано, что для сельского хозяйства европейской территории России ожидаются рост продолжительности вегетационного периода на 26 сут., повышение суммы активных температур, рост осадков на 26 мм, испаряемости – на 141 мм. Предложена методика учета влияния возможных изменений климата на влагообеспеченность территории, для чего используются модели агроклиматического зонирования продуктивности, урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от коэффициентов тепло- и влагообеспеченности, модели водного режима. Это позволяет прогнозировать вероятность необходимости развития водных мелиораций в зависимости от изменения влагообеспеченности территории при климатических изменениях, возможные экологические последствия при изменении структуры и объема мелиоративных мероприятий и предлагать комплекс мероприятий по охране водных ресурсов. Выполненные расчеты по предложенной методике показали, что при изменении климата по аридному сценарию для Центральной европейской части России вероятность оптимальных условий для выращивания зерновых снижается в среднем на 23% и, как результат, возрастает вероятность необходимости проведения оросительных мелиораций на 51%. При этом снизится необходимость в осушительных мелиорациях на 25%, и следует ожидать, что понизится водообеспеченность территории в целом и, как следствие, усилится дефицит оросительной воды. При развитии ситуации по гумидному сценарию при увеличении коэффициента увлажнения снижение продуктивности зерновых не прогнозируется. При минимальном уровне оптимальных продуктивных влагозапасов для возделывания яровой пшеницы вероятность орошения составляет 0,16, а при максимальных значениях оптимального диапазона более 89 мм вероятность осушительных мелиораций дерново-подзолистых почв составляет 0,23, или 23%.

Изменение климата, аридный сценарий, гумидный сценарий, коэффициент увлажнения, сельскохозяйственная мелиорация, орошение, осушение.

Введение. Развитие и размещение сельскохозяйственных мелиораций напрямую определяется глобальными и региональными климатическими изменениями. Сегодня на первый план выходит проблема адаптации сельскохозяйственного производства как наиболее чувствительного и уязвимого к климатическим факторам. Решением проблемы может стать развитие сельскохозяйственных мелиораций в изменяющихся климатических условиях [1].

По данным наблюдений российских метеостанций, **среднегодовая температура воздуха в России за последние 100 лет выросла на 1°C** (что значительно выше, чем в среднем в мире), из них на 0,4°C – только за последнее десятиле-

тие XX в. По прогнозам Главной геофизической обсерватории имени А.И. Воейкова, в соответствии с расчетами будущих изменений климата к концу XXI в. в России следует ожидать повышения температуры на юге страны еще на 0,6°C [2].

При агрессивном антропогенном сценарии (RCP 8,5) среднегодовая температура на всей территории нашей страны может увеличиться на 5-8°C. По прогнозам Росгидромета, уже к середине этого века в России прогнозируется потепление почти на 2 град., если темпы роста температуры сохранятся на прежнем уровне. Уже сейчас на большей части европейской территории России зимой отмечается увеличение числа дней с аномально большим количеством

осадков (> 10 мм), а летом – напротив, их уменьшение, причем в основном в Восточной половине европейской территории России, на Урале, а также на большей части Северо-Кавказского и Южного федеральных округов. При этом число дней без осадков зимой увеличивается на большей части страны, а в летний сезон – на европейской территории, Камчатке и Чукотке [2]. Рост среднегодовой температуры воздуха происходит во всех регионах России, однако из-за большой протяженности территории и разнообразия ее природных условий климатические изменения проявляются неравномерно по различным регионам и сезонам года.

Наиболее точные прогнозы климатических изменений получают с помощью имитационных моделей «Погода-урожай», моделей глобальных климатических изменений по набору климатических сценариев с последующим обобщением результатов. Возможные изменения агроклиматических условий в европейской части России для сценария A1FI (модель HadCM3 Гадлеевского центра метеорологической службы Великобритании (Met Office Hadley Centre) [3, 4], предполагающего быстрый рост содержания CO_2 в атмосфере к 2030 г. за счет интенсивного использования ископаемых источников энергии, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Изменения климатических показателей по различным сценариям [2]

Модель, сценарий	HadCM3-A1P1 (аридный)	МРК (ГГО) (гумидный)
Температура воздуха, °C		
Июль	5,1	1,3
Январь	5,2	4,8
Сумма температур выше 10°C, °C	1094	266
Вегетационный период	34	13

При потеплении по этому сценарию ожидается рост как зимней, так и летней температуры воздуха. Для сельского хозяйства европейской территории России ожидаются рост продолжительности вегетационного периода на 26 сут., повышение суммы активных температур, рост осадков на 26 мм, испаряемости – на 141 мм. В таблице также охарактеризованы вероятностные изменения климата по гумидному сценарию (модель МРК ГГО), модели регионального климата Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (МС ГГО им. А.И. Воейкова, г. Санкт-Петербург) [5]. Рост температуры воздуха в январе по сопоставляемым сценариям отличается на $0,4^\circ\text{C}$, тогда как ожидаемый рост июльской температуры по аридному сценарию – $5,1^\circ\text{C}$, а по гумидному – лишь $1,3^\circ\text{C}$. Очевидно, что гумидный сценарий, предполагающий значительное снижение степени континентальности климата, гораздо более благоприятен для сельского хозяйства России. Учащающиеся случаи экстремальных погодных явлений, изменение количества осадков и температурных показателей приведут к сниже-

нию урожайности сельскохозяйственных культур и роли аграрного сектора в ВВП. В обеспечении адаптации сельского хозяйства при изменении влагообеспеченности территории значительную роль играют водные мелиорации.

Материал и методы. Нами разработана методология учета влияния возможных изменений климата на влагообеспеченность территории при формировании продуктивного и устойчивого агроландшафта комплексными мелиорациями [6], для чего используются модели агроклиматического зонирования продуктивности, урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от коэффициентов тепло- и влагообеспеченности, а также модели водного режима почвы. Это позволяет прогнозировать вероятность необходимости развития водных мелиораций в зависимости от изменения влагообеспеченности территории при климатических изменениях, возможные экологические последствия при изменении структуры и объема мелиоративных мероприятий и предлагать комплекс мероприятий по охране водных ресурсов.

На первом этапе рассчитывается изменение урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от влагообеспеченности растений по фазам их развития по модели В.В. Шабанова [7]

$$U_W = U_{\max} \sum_{i=1}^n \alpha_i k_{W_i}, \quad (1)$$

где U_W – урожайность при данном варианте величины влагозапасов; $U_{\max}$ – максимально возможная урожайность при оптимальной для растения динамике влажности; α_i – вклад i -й декады в формирование продуктивности, зависящий от фазы развития растения; n – количество декад в вегетационном периоде; k_{W_i} – коэффициент, определяющий снижение продуктивности из-за отклонения влажности почвы от оптимальной в данную декаду (2):

$$k_{W_i} = \left(\frac{\theta_i}{\theta_{opt_i}} \right)^{\gamma_i \theta_{opt_i}} \left(\frac{1-\theta_i}{1-\theta_{opt_i}} \right)^{\gamma_i (1-\theta_{opt_i})} \quad (2)$$

$$\text{где: } \theta_i = \frac{W_i - W_z}{m - W_z}; \quad \theta_{opt_i} = \frac{W_{opt_i} - W_z}{m - W_z},$$

где W_i – средняя за i -ю декаду влажность корнеобитаемого слоя почвы; W_{opt_i} – оптимальная влажность; m – влажность, соответствующая полной влагоемкости почвы; W_z – влажность завядания; γ – коэффициент, учитывающий реакцию растения на отклонение влажности от оптимальной; θ – значения влажности почвы в относительных величинах.

Необходимость в различных видах водных мелиораций обосновывается с использованием биоклиматического метода посредством сравнения требований сельскохозяйственных растений к почвенным влагозапасам, а также к их распределению по фазам развития растений в годы расчетной обеспеченности для различных сценариев климатических изменений. На втором этапе оценивается коэффициент увлажнения (K_y), который является одним из основных параметров, влияющих на продуктивность сельскохозяйственных угодий. На основе значений этого коэффициента выполняется обоснование площадей мелиорации с учетом климатических изменений. Коэффициент увлажнения представляет собой соотношение между количеством осадков, выпадающих в данной местности, испаряемостью или температурой воздуха, определяющей испаряемость по формуле (3). Коэффициент увлажнения по В.А. Панько [8] равен

$$K_y = O_c / e T_o;$$

по Н.Н. Иванову [9]

$$K_y = O_c / E, \quad (3)$$

где O_c – сумма осадков вегетационного периода в мм; T_o – сумма среднесуточных положительных температур (выше 0°C); e – эмпирический коэффициент 0,177, с помощью которого значение тепловой энергии переводится в испаряемость (градусы тепла, мм транспирации); E – испаряемость.

Расчетные коэффициенты увлажнения вычисляются относительно климатического оптимума, соответствующего максимуму продуктивности злаково-разнотравного биоценоза на черноземе либо относительного оптимума в земледелии, соответствующего максимуму продуктивности агроценоза.

На следующем этапе по упрощенным формулам рассчитывается продуктивность зональных почв и урожайность культур, выраженные в зерновом эквиваленте т.з.ед/га [8]:

$$V = K_t \cdot K_{\text{фap}} \left(e^{n \cdot k_0 \cdot k_y} - 1 \right), \text{ если } k_y < 1;$$

$$V = K_t \cdot K_{\text{фap}} \left(e^{n \cdot k_0 (1/k_y)} - 1 \right), \text{ если } k_y > 1, \quad (4)$$

где K_t – коэффициент теплообеспеченности, взвешенный коэффициентом $K_{\text{фap}}$; K_y – коэффициент увлажнения относительно природного оптимума, соответствующего максимальной естественной продуктивности почв при климатической величине $K_y = 1,0$; константы $e = 2,718...$, $n = 3,14...$; коэффициент развития k_0 , равный 1,0507, или $(1,0166)^3$.

Коэффициент теплообеспеченности рассчитывается как отношение суммы среднесуточных положительных (активных) температур вегетационного периода к максимальной климатической сумме температур на Земле (10946°C). $K_{\text{фap}}$ – коэффициент использования растениями световой энергии или фотосинтетически активной радиации (ФАР). $K_{\text{фap}}$ в базовом варианте принимался за 1,0, что соответствует коэффициенту полезного действия ФАР – примерно 2,5%.

Результаты и обсуждение. В качестве примера приведены значения коэффициента увлажнения при 2-х сценариях изменения климата для Ярославской области Центрального федерального округа европейской части России, рассчитанные по различным методикам, а также продукционные потенциалы зерновых культур на дерново-подзолистых почвах (табл. 2).

Таблица 2

**Расчетные прогнозные величины коэффициента увлажнения
для Центрального федерального округа европейской части России**

Метод расчета	Без учета климатических изменений	Гумидный сценарий климатических изменений	Аридный сценарий климатических изменений
Методика В.А. Понько [8]			
Коэффициент увлажнения (K_u)	1,33	1,61	1,15
Урожайность (Y , т.з.ед/га)	2,38	2,4	1,34
Методика Н.Н. Иванова [9]			
Коэффициент увлажнения (K_u)	1,3	1,33	0,91
Урожайность (Y , т.з.ед/га)	2,1	2,38	1,31
Благоприятный коэффициент увлажнения	1,4-1,5		
Потенциальная урожайность зерновых, т.з.е/га	6,2		
Фактическая урожайность зерновых за период с 2006 по 2012 гг.	1,9		

При аридном сценарии климатических изменений коэффициент увлажнения снижается на 13-30%, при этом продуктивность зерновых уменьшается на 30% по сравнению с современным уровнем. Расчеты продуктивности сельскохозяйственных культур выполнены для двух сценариев климатических изменений по фазам развития растений. Определен диапазон почвенных влагозапасов, при котором продуктивность растений будет оптимальной.

Для оценки необходимости в проведении водных мелиораций величины почвенных влагозапасов, соответствующие оптимальной продуктивности, на интегральных кривых нормального распределения почвенных влагозапасов откладываются значения как фактических, так и прогнозных сценариев. Полученные результаты по потребности в мелиорациях для аридного сценария климатических изменений приведены в таблице 3.

Таблица 3

**Вероятность оптимальных условий и необходимости развития мелиорации
без учета (P^1) и с учетом (P^2) климатических изменений для зерновых
по аридному сценарию**

Фазы роста и развития растений		1	2	3	P %
Оптимальные условия	P^1_{opt}	22	57	32	снижение на 23%
	P^2_{opt}	23	7	0	
Осушение	P^1	78	28	0	снижение на 25%
	P^2	0	18	18	
Орошение	P^1	0	15	68	повышение на 51%
	P^2	77	75	82	

По результатам выполненных прогнозных оценок, при аридном сценарии климатических изменений для Центрального федерального округа европейской части России вероятность оптимальных условий для выращивания зерновых снижается в среднем на 23% и, как результат, возрастает вероятность необходимости проведения оросительных мелиораций на 51%. При этом снизится необходимость в осушительных мелиорациях на 25%. Выращивание зерновых культур без проведения оросительных мелиораций в случае изменения климата по аридному сценарию

может привести к потере продуктивности на 32-50%. Аналогичные оценки выполнены при обосновании необходимости развития водных мелиораций для гумидного сценария климатических изменений (табл. 4).

При изменении климата по гумидному сценарию для Центрального федерального округа вероятность оптимальных условий несколько снижается (на 5%), возрастает вероятность необходимости осушения (на 13%), но вместе с тем снижается вероятность необходимости проведения орошения (на 8%), что положительно может сказаться

на водохозяйственном балансе, так как объемы водозабора на орошение могут снизиться. При развитии ситуации по гумидному сценарию при увеличении коэффициента увлажнения снижение продуктивности зерновых не прогнозируется. При минимальном уровне оптимальных продуктивных

влажностных запасов для возделывания яровой пшеницы вероятность орошения составляет 0,16, а при максимальных значениях оптимального диапазона – более 89 мм, вероятность осушительных мелиораций дерново-подзолистых почв составляет 0,23, или 23% (рис. 1) [10].

Таблица 4

Вероятность оптимальных условий и необходимости мелиорации без учета (P^1) и с учетом (P^2) климатических изменений для зерновых по гумидному сценарию

Фазы роста и развития растений		1	2	3	Среднее
Оптимальные условия	P^1_{opt}	22	57	32	снижение на 5%
	P^2_{opt}	11	47	39	
Осушение	P^1	78	28	0	повышение на 13%
	P^2	89	46	8	
Орошение	P^1	0	15	68	снижение на 8%
	P^2	0	7	53	

С учетом знаний обоснованных вероятностей необходимости развития орошения при аридном сценарии климатических изменений и степени снижения продуктивности зерновых культур при изменении

коэффициента увлажнения территории обоснованы уровни увлажнения для различных зонально-провинциальных почв европейской части Российской Федерации (рис. 2).

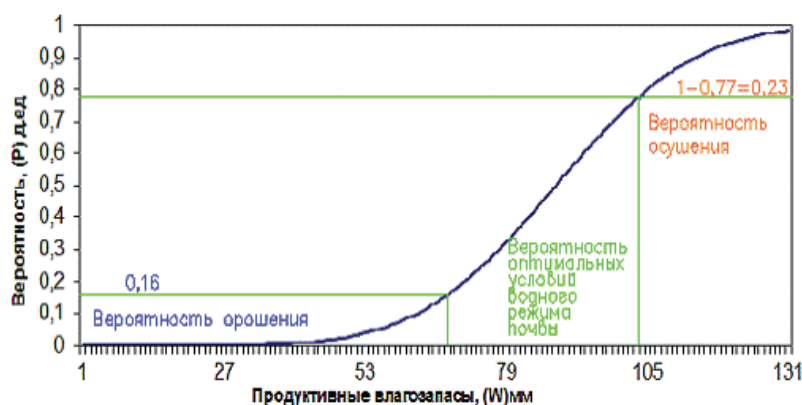


Рис. 1. Интегральная кривая изменения вероятности необходимости водной мелиорации при возделывании зерновых культур

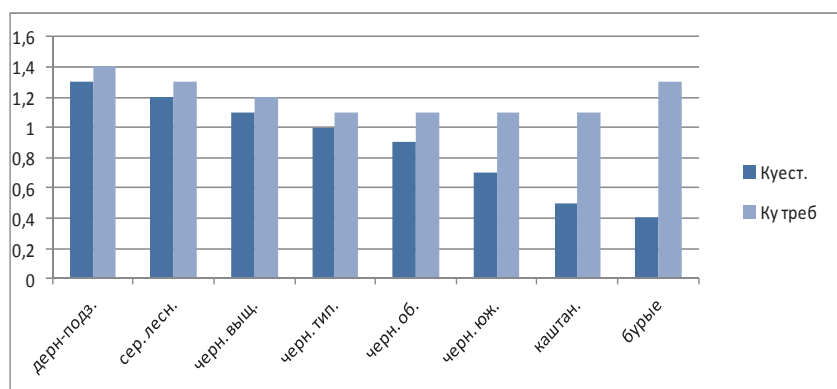


Рис. 2. Требуемые значения коэффициента увлажнения для зонально-провинциальных почв европейской части Российской Федерации

Примечание. Куест. – коэффициент увлажнения в естественных условиях, Ку – требуемый коэффициент увлажнения.

Продукционный потенциал зерновых культур при требуемом уровне увлажнения зонально-провинциальных почв, который мож-

но достичь только при развитии мелиораций (при аридном сценарии климатических изменений – орошения), приведен на рисунке 3.

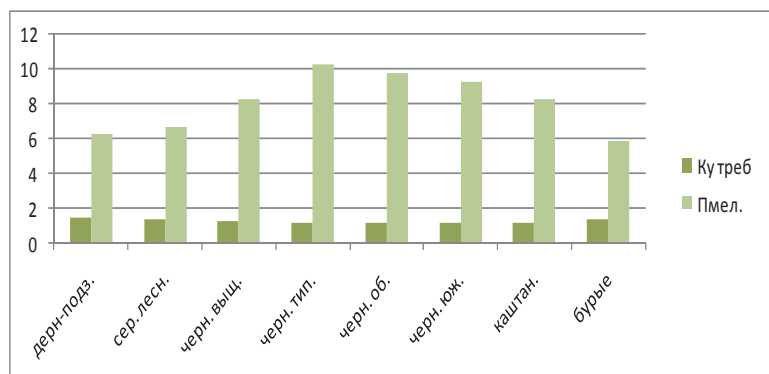


Рис. 3. Продукционный потенциал (Пмел.) и требуемые величины коэффициентов увлажнения K_u при выращивании зерновых культур (аридный сценарий климатических изменений)

В случае развития климатических изменений на европейской части России по аридному сценарию необходимо будет увеличить площади орошаемых земель до 580 тыс. га, что на 22% больше современной площади в 477,5 тыс. га [11].

Выводы

Выполненные расчеты по предложенной методике показали, что при изменении климата по аридному сценарию в рассматриваемом регионе коэффициент увлажнения (K_u) уменьшится на 6% и возрастет вероятность увеличения оросительной площади на 23-30% сельскохозяйственных угодий, что необходимо для выполнения программы продовольственной безопасности. При этом следует ожидать, что понизится водообеспеченность территории в целом и, как следствие, усилится дефицит оросительной воды. В этой связи возможными направлениями адаптации орошаемого земледелия будут более широкое использование малообъемного (в том числе капельного) орошения, повторное использование подготовленного дренажного стока и сточных вод на орошение, территориальное перераспределение водных ресурсов.

При развитии ситуации по гумидному сценарию увеличится коэффициент увлажнения, однако снижение продуктивности зерновых не прогнозируется. В этом случае вероятность орошения составит 16%, а при максимальных значениях оптимального диапазона более 89 мм вероятность осушительных мелиораций дерново-подзолистых почв составляет 23%.

Библиографический список

1. Кирейчева Л.В. Мелиорация в России: планы и реальность // Мелиорация и водное хозяйство. 2013. № 2. С. 2-5.
2. Киселев А.В. Климат в прошлом, настоящем и будущем. М.: МАИК «Наука-интерпериодика», 2011. 352 с.
3. IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change/Solomon S., D. Gin, M. Manning Z. Chen, et all. Cambridge.
4. University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, N.Y., USA, 996 p. National information agency «natural resources», Use and protection of natural resources of Russia, Scientific, informative and analytical bulletin. № 5 (137). 2014. С. 56-63.
5. Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период 2010-2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России. М.: Росгидромет, 2006. С. 30.
6. Кирейчева Л.В., Белова И.В. Значение комплексных мелиораций для формирования продуктивного и устойчивого агроландшафта // Мелиорация и водное хозяйство. 2004. № 4. С. 23-26.
7. Шабанов В.В., Орлов И.С. Оценка природно-хозяйственного риска в условиях изменения климата (на примере сельскохозяйственной деятельности). Ч. 1 «Теория». М.: МГУП, 2003. 87 с.
8. Понько В.А. Оценка и прогнозирование агроклиматических ресурсов. Новосибирск: СибНИИЗиХ. АНИИСХ. ИВЭП СО РАН. НЦ «Экопрогноз-2», 2012. 135 с.

9. **Иванов Н.Н.** Об определении величины испаряемости // Изд. ВГО. 1954. № 2. Т. 86. Вып. 2. С. 189-219.

10. **Поддубский А.А.** Обоснование необходимости развития водных мелиораций Московской области по агроклиматическим показателям: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова. М., 2016. 256 с.

11. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gks.ru/>.

Материал поступил в редакцию 23.03.2017 г.

L.V. KIREICHEVA, I.V. GLAZUNOVA

State research institution «All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after. A.N. Kostyakov»

DEVELOPMENT AND DEPLOYMENT OF AGRICULTURAL RECLAMATIONS UNDER CHANGING CLIMATIC CONDITIONS

There are considered problems on adaptation of agriculture under the conditions of global and regional changes of climatic indicators in the European part of Russia through the development of agricultural land reclamation. It is shown that for the agriculture of the European territory of Russia the growing season duration is expected to increase by 26 days, there is also expected an increase in the total active temperatures, precipitation – by 26 mm, evaporation – by 141 mm. There is proposed an estimation method of the influence of climate changes on moisture provision of the territory. For this purpose models of agro-climatic zoning of crop productivity depending on the coefficients of heat and soil moisture provision, as well as models of the soil water regime are used. The use of the models makes it possible to determine: the requirement for irrigation and drainage projects development depending on the changes in water supply under climatic changes, environmental consequences due to the changes in the structure and scope of reclamation activities and to propose a set of measures to protect water resources. Calculations using the proposed method showed that the probability of optimal conditions for grain cultivation is reduced by 23% in average, while the need for irrigation increases by 51% under the arid scenario in the Central European part of Russia. According to the arid scenario of climate change the need for drainage projects will be decreased by 25%. It should be expected that the reduced water availability of the territory would result in the increased shortages of irrigation water. When developing according to the humid scenario under the increase of the moistening factor the decrease in productivity of grain crops will not be expected. At the minimum level of optimal productive soil moisture supplies for cultivation of spring wheat the probability of irrigation is 0.16, while at the maximum values of the optimal range greater than 89mm the probability of drainage reclamations is 0.23 or 23% for sod-podzolic soils.

Climate change, arid scenario, humid scenario, moisture ratio, agricultural reclamation, irrigation, drainage.

References

1. **Kireicheva L.V.** Melioratsiya v Rossii: plany i realnost' // Melioratsiya i vodnoye hozyajstvo. 2013. № 2. S. 2-5.

2. **Kiselev A.V.** Klimat v proshlom, nashtoyashchem i budushchem. M.: МАИК «Наука-интерпериодика», 2011. 352 с.

3. IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Work-

Сведения об авторах

Кирейчева Людмила Владимировна, доктор технических наук, профессор, научный руководитель направления ФГНБУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 127550, Москва, ул. Большая Академическая, д. 44. корп. 2; тел.: (8-499)154-13-26; e-mail: kireychevalw@mail.ru

Глазунова Ирина Викторовна, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела природоохранных технологий ФГНБУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 127550, Москва, ул. Большая Академическая, д. 44., корп. 2; тел.: (8-499)976-23-49; e-mail: ivglazunova@mail.ru

ing Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Solomon S., D. Gin, M. Manning Z. Chen, et all. Cambridge.

4. University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, N.Y., USA, 996 p. National information agency «natural resources», Use and protection of natural resources of Russia, Scientific, informative

and analytical bulletin. № 5 (137). 2014. С. 56-63.

5. Strategicheskyy prognoz izmeneniy klima-ta Rossijskoj Federatsii na period 2010-2015 gg. i ih vliyaniye yf otrasli ekonomiki Rossii. M.: Roshydromet, 2006. S. 30.

6. Kireicheva L.V., Belova I.V. Znachenie kompleksnykh melioratsiy dlya formirovaniya productivnogo i ustojchivogo agrolandschafta // Melioratsiya i vodnow hozyajstvo. 2004. № 4. S. 23-26.

7. Shabanov V.V., Orlov I.S. Otsenka prirodno-hozyajstvennogo riska v usloviyah izmeneniya climata (na primere sel'skokozyajstvennoj deyatel'nosti). Ch. 1 «Teoriya». M.: MGUP, 2003. 87 s.

8. Ponjko V.A. Otsenka i prognozirovaniye agroclimaticeskikh resursov. Novosibirsk: SibNIIZiH. ANIISH. IVEP SO RAN. NTS «Ecoprognoz-2», 2012. 135 s.

9. Ivanov N.N. Ob opredelenii velichiny isparyaemosti // Izd. VGO. 1954. № 2. T. 86. Vyp. 2. S. 189-219.

10. Poddubsky A.A. Obosnovaniye neobhodimosti razvitiya vodnykh melioratsiy Moscovskoy oblasti po agroclimaticeskim pokazatelyam:

Dissertatsiya na soiskaniye uchenoj stepeni kandidata tehnikaskikh nauk / Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institutye hydrotehniki i melioratsii im. A.N. Kostyakova. M., 2016. 256 s.

11. Ofitsial'nyy sait Federal'noy sluzhby gosudarstvennoj statistiki [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: [http:// www.gks.ru /](http://www.gks.ru/).

The material was received at the editorial office
23.03.2017

Information about the authors

Kireicheva Lyudmila Vladimirovna, professor, doctor of technical sciences, research manager of the sector, All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, Russia, Moscow; tel.: (8-499)154-13-26; e-mail: kireychevalw@mail.ru

Glazunova Irina Victorovna, candidate of technical sciences, associate professor, a researcher of All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, Russia, Moscow; tel.: (8-499)976-23-49; e-mail: ivglazunova@mail.ru

УДК502/504:631.5:633.15+633.174 (575.3)

М.С. НОРОВ, ДЖ.Р. МИРАЛИЕВ

Таджикский аграрный университет им. Ш. Шотемур, Республика Таджикистан, г. Душанбе

СОВМЕСТНЫЕ ПОСЕВЫ КУКУРУЗЫ И САХАРНОГО СОРГО В УСЛОВИЯХ ДАНГАРИНСКОГО МАССИВА РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

В условиях Дангаринского массива основной силосной культурой принято считать кукурузу (ZeamaysL.), однако в настоящее время в СНГ и за рубежом проводятся широкие исследования по изучению вопроса совместного выращивания кормовых культур, в том числе сорго с кукурузой. Одним из основных преимуществ совместных посевов является то, что посевы дают возможность без дополнительных затрат на повторный посев получить ещё один урожай зерна или зеленой массы за счет отавы сорго. При этом экономится лучший вегетационный период, так как отпадает необходимость проведения таких агротехнических мероприятий, как летняя вспашка, предпосевная обработка почвы и посев, которые необходимо проводить под повторные культуры при обычном посеве и которые требуют значительных затрат времени и средств. В результате проведенных исследований было установлено, что наибольший сбор кормовых единиц и переваримого протеина получен с совместных посевов кукурузы и сорго с густотой стояния 60 тыс./растений на 1 га – 13,5 т/га кормовых единиц и 1,0 т/га переваримого протеина.

Кукуруза, сорго, кормовые единицы, густота, урожайность, совмещенные посевы.

Введение. В настоящее время производство кормов немыслимо без широкого внедрения совместных и уплотненных посевов кормовых культур, обеспечивающих более полное и рациональное использование природных ресурсов.

Одним из основных преимуществ совместных посевов является увеличение суммарной листовой поверхности, улучшение отечественных свойств за счет более оптимального расположения в пространстве листовой поверхности, следовательно, возможность

увеличения коэффициента солнечной радиации и более полное использование её на фотосинтез, тогда как при выращивании культур в листовых посевах огромное количество солнечной энергии теряется безвозвратно.

Создание высокопродуктивных агрофитоценозов однолетних кормовых культур требует раскрытия и выяснения причин тех сложных взаимосвязей, которые происходят между компонентами. Именно на этой основе необходимо разработать технологию их выращивания, обеспечивающую создание оптимальных условий для роста и развития компонентов следовательно, гарантирующую наиболее высокий коэффициент использования посевной площади.

Изучению вопросов совместного выращивания кукурузы и сорго как одного из способов интенсивного использования орошаемых земель в кормопроизводстве Таджикистана посвящены работы А.Х. Хусайнова (2002), М.С. Норова (1986), А.П. Вохидова (2012). Авторы отмечают, что совместный посев кукурузы с сорго и суданской травой даёт возможность без дополнительных затрат на повторный посев получить ещё один-два урожая зеленой массы за счет отавы сорго и суданской травы. При этом экономится лучшая часть вегетационного периода, так как отпадает необходимость проведения летней вспашки и предпосевной обработки почвы, которые требуют довольно значительных затрат времени и средств.

Цель и методика исследований. Целью исследований стало изучение разработки агротехники возделывания сорго Марджона в совместных посевах с кукурузой. Полевые опыты проводились в период 2013-2015 гг. на орошаемых землях «Фароз» Дангаринского района Хатлонской области Республики Таджикистан. В опыте изучалась густота стояния растений сорго в 40, 50, 60, 70, 80 тыс.раст/га при посеве его совместно с кукурузой Дилшод, густота стояния которой по всем вариантам опыта составляла 60 тыс. раст/га. Почва опытного участка – светлый серозем. Грунтовые воды залегают на глубине 2,5-3 м. Содержание в 30-сантиметровом слое составляет: гумуса – 1,1-1,2%, общего азота – 0,28-0,30%, фосфора – 0,33-0,35%, калия – 0,78-0,80%, т.е. почва относится к среднеобеспеченным элементам. Среднегодовая температура воздуха в июле составляет 27,2°, среднегодовая – 14,6°. Продолжительность периода с температурой выше 5°C составляет 270-280,

выше 10° – 228-235 дней. Среднегодовое количество осадков составляет 510 мм. Выпадение осадков в основном (75-80%) приходится на осенне-зимне-весенний период.

Экспериментальная работа велась согласно методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами и сопровождалась лабораторно-полевыми наблюдениями и анализами.

В исследованиях использовали апробированные методики: «Методику полевых опытов с кормовыми культурами» (1983), «Методику полевого опыта» (1985).

Результаты исследований. Совместное выращивание сорго с кукурузой оказывает определенное влияние на изменение продолжительности фаз развития обеих компонентов и вегетационного периода в целом, особенно в момент наиболее интенсивного роста растений.

Результаты наблюдений показывают, что компоненты в совместных посевах в начале вегетации не оказывают заметного взаимного влияния. В дальнейшем у растений, выращенных в совместных посевах, время прохождения межфазных периодов по сравнению с чистыми посевами кукурузы увеличивается, и в фазу появления метелок-молочной спелости разница достигает 3-5 дней. Фаза молочно-восковой спелости зерна кукурузы в чистых посевах наступила на 80-й день после появления всходов. По мере загущения посевов период продолжительности от всходов до молочно-восковой спелости закономерно увеличивается и наибольшей величины достигает при совместном посеве кукурузы с сорго с густотой стояния 80 тыс.раст/га – 85 дней.

Компоненты в совместных посевах в начале вегетации не оказывают заметного взаимного влияния. В этот период высота растения кукурузы, выращенной в чистых и совместных посевах с сорго, была на одном уровне и равнялась на 30-й день после всходов 42,4-46,6 см. Наибольшее отставание в росте у растений кукурузы в совместных посевах становится заметным начиная с фазы выметывания султанов. У кукурузы чистого посева высота растений перед уборкой составила 230 см, в совместных посевах сорго в зависимости от густоты стояния – 204,0-223,0 см, или меньше на 7,0-26,0 см. При этом степень влияния уплотнителя на рост растений кукурузы в совместных посевах возрастает по мере увеличения густоты стояния растений сорго.

Густота стояния растений в совместных посевах оказывает влияние на изменение некоторых биологических и морфологических признаков у растений сорго. Это проявляется прежде всего в снижении общей продуктивности кустистости, увеличении высоты главного стебля, уменьшении его толщины. Изменение этих показателей наиболее заметно на вариантах загущенных посевов (70-80 тыс. раст/га), что связано с большим угнетением растений совместных посевов.

Таким образом, вышеизложенные результаты позволяют сделать вывод о том, что у сорго при выращивании его в совместных посевах с кукурузой происходит изменение биологических и морфологических признаков. Это приводит к снижению продуктивности одного растения, что наиболее заметно происходит на загущенных посевах. Однако за счет увеличения количества растений на единице площади урожай с загущенных посевов бывает выше, чем в более разреженных посевах. Наиболее высокий

урожай при этом получен при возделывании кукурузы совместно с сорго с густотой 60 тыс/га (табл. 1).

Как следует из данных таблицы 1, самый низкий сбор кормовых единиц и переваримого протеина получен с чистых посевов кукурузы – 41,0 т/га кормовых единиц и 0,5 т/га переваримого протеина. Наибольший сбор кормовых единиц и переваримого протеина получен с совместных посевов кукурузы и сорго с густотой стояния 60 тыс. раст/га – 13,5 т/га кормовых единиц и 1,0 т/га переваримого протеина. Это соответственно на 5,1 и 0,5 т/га больше, чем в чистых посевах кукурузы.

Заключение

Таким образом, по урожаю зеленой массы, а также по сбору кормовых единиц и переваримого протеина преимущество остается за совместными посевами. Наиболее оптимальные показатели достигаются при совместном посеве кукурузы с сорго с густотой 60 тыс. раст/га.

Таблица 1

Урожайность зеленой массы, выход кормовых единиц и переваримого протеина при совместном посеве кукурузы и сорго (среднее за 2012-2015 гг)

Варианты опыта	Густота стояния растений, тыс/га	Урожайность, т/га			Сбор с/га, т		КПЭ
		всего	в том числе		кормовых единиц	переваримого протеина	
			кукуруза	сорго			
Кукуруза – чистый	60	41,0	40,0	-	8,4	0,50	6,7
Кукуруза + сорго	40	62,5	36,5	26,0	13,0	0,96	11,4
Кукуруза + сорго	50	63,2	33,2	30,0	13,2	0,97	11,5
Кукуруза + сорго	60	64,7	30,2	34,5	13,5	1,0	11,8
Кукуруза + сорго	70	58,9	26,0	32,0	12,3	0,90	10,7
Кукуруза + сорго	80	55,7	24,5	31,2	11,6	0,86	10,2

Библиографический список

1. **Норов М.С.** Продуктивность зернового сорго в зависимости от густоты стояния в чистых и совместных посевах с кукурузой в условиях орошения Гиссарской долины Таджикистана: Автореф.канд.дис. Душанбе, 1986. 18 с.

2. **Вохидов А.П.** Особенности формирования промежуточных посевов на фоне применения различных норм и сроков внесения минеральных удобрений и их влияние на последующие культуры: Автореф.канд.дис. Душанбе, 2012. 20 с.

3. **Хусаинов А.Х.** Совместные посевы кормовых культур в Таджикистане / В кн.: Пути интенсификации орошаемого земле-

делия в хлопкосеющих районах Средней Азии. Душанбе, 1982. С. 149-178.

4. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М., 1983. 197 с.

5. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 335 с.

Материал поступил в редакцию 26 июня 2017 г.

Сведения об авторах

Норов Мاستибек Самадович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор. Таджикского аграрного университета им Ш. Шо-темур, 734003, Республика Таджикистан,

г. Душанбе, проспект Рудаки, 146; e-mail: nmastibek@mail.ru; тел.: (+992) 919-46-95-46

Миралиев Джовид Раджабалиевич, соискатель Таджикского аграрного универ-

ситета им Ш. Шотемур, 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 146; e-mail: nmastibek@mail.ru; тел.: (+992) 372247207

M.S. NOROV, DZ.R. MIRALIYEV

The Tajik agricultural university named after Sh. Shotemur, Republic of Tajikistan, Dushanbe

JOINT CROPS OF CORN AND SUGAR SORGHUM UNDER THE CONDITIONS OF THE DANGARINSKY MASSIF OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

Under the conditions of the Dangarinsky massif the main silage culture is considered to be corn (Zeamays L.), however, now in the CIS and abroad wide-ranging investigations are carried out on studying the problem of joint cultivation of forage crops including sorghum with corn. One of the main advantages of joint sowings is that the crops make it possible without additional costs on reseeding to receive another grain or green material harvest or due to a sorghum aftermath.

At the same time the best vegetative period is economized as there is no need for fulfillment of such agro technical measures as summer plowing, presowing soil treatment and sowing which are to be carried out for second crops under the ordinary sowing and which require a lot of time and means. As a result of the conducted researches it has been established that the greatest harvesting of fodder units and digestible protein is received from joint sowings of corn and sorghum with a density rate of 60 thousand/plants per 1 hectare – 13.5 t/hectare of fodder units and 1.0 t/hectare of the digestible protein.

Corn, sorghum, fodder units, density, productivity, combined sowings.

References

1. **Norov M.S.** Productivnostj zernovogo sorgo v zavisimosti ot gustoty stoyaniya v chistyh I sovmestnyh posevah s kukuruzoj v usloviyah orosheniya Gissarskoj doliny Tajikistana: Avtoref. cand. dis. Dushanbe, 1986. 18 s.

2. **Vohidov A.P.** Osobennosti formirovaniya promezhutochnykh posevov na fone primeneniya razlichnykh horm i srokov vneseniya mineralnykh udobrenij i ih vliyanie na posleduyushchie kuljtyry: Avtoref. cand. dis. Dushanbe, 2012. 20 s.

3. **Husainov A.H.** Sovmestnye posevy kormovykh kuljtur v Tajikistane / V kn.: Puti intensifikatsii oroshaemogo zemledeliya v hlopkoseyushchih rajonov Srednej Azii. Dushanbe, 1982. S. 149-178.

4. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevyh opytov s kormovymi kuljturami. M., 1983. 197 s.

5. **Dospehov B.A.** Metodika polevogo opyta. M.: Kolos, 1985. 335 s.

The material was received at the editorial office
June 26, 2017

Information about the authors

Norov Mastibek Samadovich, doctor of agricultural sciences, professor of the Tajik agricultural university named after Sh. Shotemur. 734003, Republic of Tajikistan, Dushanbe, prospect Rudaki, 146; e-mail: nmastibek@mail.ru; tel.: (+992) 919-46-95-46

Miraliyev Dzhovid Radzhabalievich, applicant of the Tajik agricultural university named after Sh. Shotemur. 734003, Republic of Tajikistan, Dushanbe, prospect Rudaki, 146; e-mail: nmastibek@mail.ru; тел.: (+992) 372247207

УДК 502/504:582.783:581.44:581.8 (571.51)

Д.Е. ХЛЕВНЫЙ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Краснодарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени П.П. Лукьяненко», г. Краснодар, Краснодарский край, Российская Федерация

**НЕКОТОРЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОБЕГОВ
ЛИАН AMPELOPSIS MEGALOPHYLLA В УСЛОВИЯХ
АНАПО-ТАМАНСКОЙ ЗОНЫ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

Расширение ассортимента лиан, используемых в озеленении, позволит удовлетворить разнообразные запросы как садоводов-любителей, так и профессиональных дизайнеров. Лианы можно размножать вегетативным и генеративным способом, однако вегетативный способ является наиболее простым, и при этом способе сохраняются признаки, присущие материнскому растению. По нашему мнению, необычные по форме листья, присущие лиане Ampelopsis megalophylla, а также ее пышный габитус заинтересуют тех, кто занимается озеленением. Изучение биологических особенностей роста и развития лиан этого вида может способствовать получению наиболее высококачественного посадочного материала в больших объёмах. В результате проведённых исследований установлено, что на узлах побегов лиан Ampelopsis megalophylla может находиться как один, так и два зимующих глазка, а также зимующие глазки могут отсутствовать совсем. На узлах как с усиком, так и без него, находится цельная диафрагма. Как на основных, так и на пасынковых побегах, наибольшее количество узлов с глазком находятся в зоне с 1-го по 3-й глазки, причём на пасынковых побегах количество узлов с глазками всегда больше, чем на основных. Чем дальше от основания побега находятся узлы, тем больше вероятность того, что на них будет отсутствовать глазок. Установленные особенности развития побегов этого вида в условиях Анапо-Таманской зоны необходимо учитывать при формировании кустов. При вегетативном размножении этого вида необходимо проводить нарезку черенков таким образом, чтобы на апикальных краях черенков обязательно находился глазок.

Узел, зимующий глазок, биологические и анатомические особенности, Ampelopsis megalophylla.

Введение. Расширение ассортимента лиан, используемых в озеленении, позволит удовлетворить разнообразные запросы как садоводов-любителей, так и профессиональных дизайнеров [1-4].

Лианы можно размножать вегетативным и генеративным способами [5], однако вегетативный способ является наиболее простым, и при этом способе сохраняются признаки, присущие материнскому растению [6, 7].

По нашему мнению, необычные по форме листья, присущие лиане Ampelopsis megalophylla, а также ее пышный габитус (рис. 1) заинтересуют тех, кто занимается озеленением. Родиной произрастания данного вида является западный Китай. В культуру лиана введена в 1894 г. [8-11], однако в Краснодарском крае она практически не используется.

Изучение биологических особенностей роста и развития лиан этого вида может способствовать получению наиболее высококачественного посадочного материала в больших объёмах.

Целью нашего исследования было изучение биологических особенностей развития побегов лиан Ampelopsis megalophylla.

Задачи исследования:

1. Установить морфоанатомические особенности строения побега лианы Ampelopsis megalophylla.

2. Установить разнокачественность узлов на протяжении длины всего побега.

Материал и методы. Исследования проводились в 2014-2016 гг. Черенки лиан были заготовлены на ампелографической коллекции Крымской ОСС и Анапской ампелографической коллекции. При заготовке черенков проводился визуальный осмотр побегов по всей длине. Каждый год обследовалось 30 побегов длиной в среднем по 5 м. Для определения участка побега, на котором располагается наибольшее количество глазков, лозы разделили по 3 узла:

1 группа черенков – участок побега с 1-3 узлами;

2 группа черенков – участок побега с 4-6 узлами;

3 группа черенков – участок побега с 7-9 узлами;

4 группа черенков – участок побега с 10-12 узлами.

Для установления анатомических особенностей строения зимующих глазков и уз-

лов, на которых они расположены, проводили продольный срез узлов и препарирование разных глазков по 30 шт. обыкновенных зимующих глазков и глазков в виде рожек. Полученные данные обработаны методом дисперсионного анализа [12].



Рис. 1. Фрагменты лианы *Ampelopsis megalophylla*

Результаты и обсуждение. Осенью 2014 г., во время заготовки черенков, при визуальном осмотре было отмечено, что не на каждом узле присутствует зимующий глазок. Глазки на черенках этого вида лианы крупнее обычных, поэтому предположи-

ли, что они могли обломаться во время заготовки. В то же время на некоторых узлах отмечалось наличие зимующих глазков в виде рожек, загнутых в середину (рис. 2). Установленные особенности отмечались в течение 2014-2016 гг.

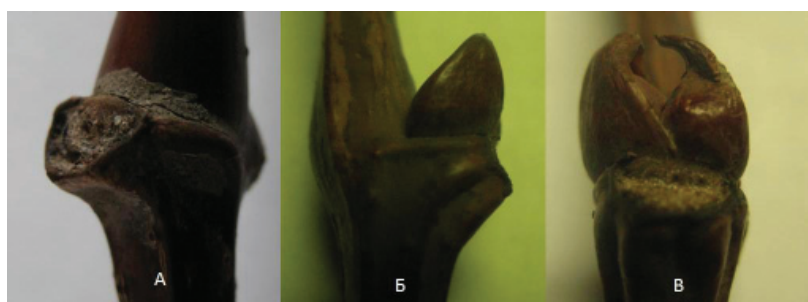


Рис. 2. Зимующие глазки на узлах черенков лианы *Ampelopsis megalophylla*:
А – визуально на узле глазок отсутствует; Б – на узле один зимующий глазок;
В – на узле глазок в виде рожек, загнутых в середину

Проведённые наблюдения (табл. 1) показывают, что в 2014 г на основных побегах без

зимующих глазков было 62% узлов, что существенно больше, чем узлов с глазками (38%).

Таблица 1

Разнокачественность узлов лианы *Ampelopsis megalophylla* в 2014-2016 гг.

Побеги	Годы							
	2014		2015		2016		среднее	
	основные	пасынковые	основные	пасынковые	основные	пасынковые	основные	пасынковые
с глазками на узле, %	38	38	48	48	49,4	35	45,1	40,3
без глазков на узле, %	62	62	52	52	50,6	65	54,9	59,7
НСР _{0,05}	2,2	2,2	0	0	0	1,1	1,1	1,1

На пасынковых побегах процентное отношение узлов с глазками и без них было идентичным основным. В 2015 г на основных побегах количество узлов с глазками несколько увеличилось (до 48%), но так же, как и в 2014 г., оставалось меньше, чем узлов без глазков (52%), хотя существенной разницы между ними не установлено. Количество узлов с глазками и без них на пасынковых побегах в 2015 г было точно таким же, как и на основных побегах. В 2016 г на основных побегах между узлами с глазками и узлами без глазков существенной разницы не установлено. Их количество составило 49,4% и 50,6% соответственно. На пасынковых побегах количество узлов с глазками составило 35%, что

существенно ниже, чем узлов без глазков (65,0%). В среднем за три года на основных и пасынковых побегах узлов без глазков было существенно больше, чем узлов с глазками, что составило 54,9% и 45,1% на основных и 59,7% и 40,3% – на пасынковых побегах.

Одной из версий отсутствия глазка на узле стало предположение о том, что зимующий глазок может быть расположен под корой, как на некоторых видах лиан этого рода (*A. aconitifolia*, *A. cordata* и т.д.). Поэтому был произведен продольный срез узлов с зимующим глазком обычной формы, узлов без глазка на поверхности без усика и с усиком, а также препарированы глазки в виде рожек (рис. 3).



Рис. 3. Препарирование узлов и зимующих глазков лианы *Ampelopsis megalophylla*:

А – визуально на узле глазок отсутствует;

Б – на узле один зимующий глазок;

В – в виде рожек, загнутых в середину;

Г – на узле есть усик, отсутствует глазок

В результате установлено, что на узлах, где визуально отсутствует глазок, под корой его тоже нет (рис. 3 А). На тех узлах, где находится один глазок (рис. 3 Б), клетки подстилающего слоя расположены глубоко и уходят в центр диафрагмы, что говорит об их морозоустойчивости. На узлах, где находится зимующий глазок в форме рожек, загнутых внутрь, на самом деле расположены два зимующих глазка с отдельными центральными замещающими почками и всеми органами, ему присущими (рис. 3 В).

По мнению ряда учёных, а также в результате наших исследований по другим видам представителей семейства Vitaceae, наличие усика на базальной части черенка способствует лучшему укоренению. Это связывают с наличием цельной диафрагмы внутри узла с усиком, в которой происходит большее накопление питательных ве-

ществ, чем в узлах с неполной диафрагмой [6, 7, 13]. В результате проведённого опыта видим, что на продольном срезе всех узлов с усиком и без него (рис. 3 А, Г), диафрагма является сплошной.

Для получения посадочного материала путём укоренения черенков обязательным условием является наличие на них зимующих глазков или почек [7].

Нами было установлено, что не на каждом узле этого вида может располагаться глазок, поэтому для выявления особенностей заготовки черенков необходимо установить, в какой зоне побега находится наибольшее количество узлов с глазками (табл. 2).

В 2014 г. на основных побегах больше всего узлов с глазками было отмечено в 1-й и 2-й группах. Их количество составило 53,3-53,8% соответственно. Существенной разницы между ними не выявлено.

В 3-й и 4-й группах отмечено меньшее количество узлов с глазками (в 2 раза и более) по сравнению с 1-й и 2-й группами. Наименьшее количество узлов с глазками отмечено в 3-й группе основных побегов (25,0%), что существенно меньше, чем в других группах, однако максимально приближено

к значению в 4-й группе (26,7%). В 2014 г. на пасынковых побегах максимальное количество глазков было отмечено в 1-й группе (58,3%), что достоверно больше, чем в других группах. Меньше всего глазков было отмечено в 3-й группе (16,7%), что существенно меньше, чем в остальных группах.

Таблица 2

Разнокачественность узлов лианы *Ampelopsis megalophylla* в зависимости от зоны побега в 2014-2016 гг.

Группы	Узлов с глазками, %							
	2014 г.		2015 г.		2016 г.		среднее	
	основные побеги	пасынковые побеги	основные побеги	пасынковые побеги	основные побеги	пасынковые побеги	основные побеги	пасынковые побеги
1	53,3	58,3	81,5	91,7	80,8	88,9	71,8	79,6
2	53,8	33,3	68,0	41,9	66,7	44,4	62,8	39,9
3	25,0	16,7	33,3	33,3	23,2	50	27,2	33,3
4	26,7	20,0	30,0	33,3	26,7	0	27,8	17,8
НСР _{0,05}	0,6	1,0	3,6	1,2	1,0	2,5	2,3	4,7

В 2015 г. наибольшее количество узлов с глазками на основных побегах выявлено в 1-й группе (81,5%), что существенно выше, чем во всех остальных группах. Между 3-й и 4-й группами достоверной разницы по этому показателю не установлено. Количество узлов с глазками здесь составило 33,3 и 30,0% соответственно, что достоверно ниже, чем в 1-й и 2-й группах. На пасынковых побегах в 2015 г. сохранилась та же закономерность, что и на основных. В 1-й группе отмечено наибольшее количество узлов с глазками (91,7%). В 3-й и 4-й группах это значение было одинаковым и составило 33,3%, что является наименьшим значением среди всех групп. Все установленные различия были достоверными.

В 2016 г., так же, как и в предыдущие годы исследований, наибольшее количество узлов с глазками на основных и пасынковых побегах было отмечено в 1-й группе. Оно составило 80,8 и 88,9% соответственно, что существенно больше этого показателя в других группах. В 3-й и 4-й группах количество узлов с глазками было в 3 раза и более меньше, чем в 1-й и 2-й группах, и составило 23,2 и 26,7%. В 3-й группе изучаемое значение было достоверно меньше, чем в других группах.

Максимальное количество узлов с глазками в среднем за 2014-2016 г., так же, как и по годам, было отмечено в 1-й группе

(71,8%), а самое низкое значение изучаемого показателя в 3-й и 4-й группах составило 27,2 и 27,8% соответственно, что достоверно ниже, чем в 1-й и 2-й группах.

Таким образом, в результате проведенных исследований было установлено, что на узлах побегов лиан *Ampelopsis megalophylla* зимующего глазка может не быть. Также на узле могут находиться как один, так и два зимующих глазка.

Выводы

1. В узлах как с усиком, так и без него, находится цельная мембрана.

2. Как на основных, так и на пасынковых побегах, наибольшее количество узлов с глазком находятся в зоне с 1-го по 3-й глазки, причём на пасынковых побегах количество узлов с глазками всегда больше, чем на основных.

3. Чем дальше от основания побега находятся узлы, тем больше вероятность того, что на них будет отсутствовать глазок.

4. Установленные особенности развития побегов этого вида в условиях Анапо-Таманской зоны необходимо учитывать при формировании кустов.

5. При вегетативном размножении этого вида необходимо проводить нарезку черенков таким образом, чтобы на апикальных краях черенков обязательно находился глазок.

Библиографический список

1. Горбачев В.Н. Архитектурно-художественные компоненты озеленения городов: Учебное пособие для худож. – пром. вузов и архит. фак. М.: Высшая школа, 1983. 207 с.
2. Игнатьева М. Человек и природа: общие приоритеты. // Ландшафтная архитектура. Дизайн. 2008. № 4 (23). С. 56-59.
3. Приходько Г.Ю. Ландшафтное проектирование садовых и парковых объектов в условиях мегаполиса // Плодоводство и виноградарство юга России. Режим доступа: <http://journal.kubansad.ru/pdf/13/02/15.pdf>
4. Михайлов С.М. Дизайн городской среды как вид синтетической деятельности. Исторический аспект. // Design-Review. Режим доступа: http://design-review.net/index.php?show=articles&author_id=2.
5. Слирик Л.Н. Практические рекомендации по размножению древесных лиан Приморья / Редкие и исчезающие древесные растения юга Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1978. С. 113-117.
6. Радчевский П.П. Влияние биологически активных веществ на регенерационные свойства виноградных черенков,

выход и качество саженцев: Монография. Краснодар: КубГАУ, 2017. 275 с.

7. Малтабар Л.М., Козаченко Д.М. Виноградный питомник: теория и практика. Краснодар, 2009. 290 с.
8. Ампеология СССР. Т. 1. М., 1946.
9. Деревья и кустарники СССР / Под ред. С.Я. Соколова. М.-Л., 1958. Т. 4.
10. Ampelografia Republicii Socialiste Romania. Bucureti, 1970. V. 1. Ш.Г. Топалэ, Кишинев.
11. Энциклопедия винограда. Т. 1. Кишинев. С. 511.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., 1968. С. 305.
13. Мерджаниан А.С. Виноградарство. М.: Колос, 1967. 464 с.

Материал поступил в редакцию 12.05.2017 г.

Сведения об авторе

Хлевный Дмитрий Евгеньевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, КНИИ-ИСХ им. П.П. Лукьяненко, 350012, Краснодарский край, г. Краснодар, центральная усадьба КНИИ-ИСХ; тел.: 8-961-524-43-43; e-mail: spvikings@mail.ru

D.YE. KHLEVNY

Federal state budgetary research institution «Krasnodarsky research agricultural institute named after P.P. Lukjyanenko», Krasnodar, Russian Federation

SOME BIOLOGICAL FEATURES OF LIANA SHOOTS AMPELOPSIS MEGALOPHYLLA UNDER THE CONDITIONS OF THE ANAPA-TAMAN ZONE OF THE KRASNODAR AREA

The expansion of lianas' assortment used in landscape gardening will meet the diverse needs of both gardeners-amateurs and professional designers. Lianas can be propagated by vegetative and generative way, however, the vegetative method is the simplest, the characteristics inherent to the mother plant are retained in this method. To our opinion, unusual leaves in form which are inherent to the liana Ampelopsis megalophylla, as well as its thick habitus will be interesting to all who are engaged in landscape gardening. Studying of biological peculiarities of growth and development of such lianas can forward obtaining the most high-quality planting material in large volumes. As a result of the carried out research it was established that one or two wintering buds can be located on the shoots nodes of the of lianas Ampelopsis megalophylla as well as all wintering eyes may be absent at all. There is a whole diaphragm on nodes with both a tendril or without it. The greatest number of nodes with an eye is located in the area from the 1st to the 3rd eyes both on primary and epicormic shoots, and on the epicormic shoots there are more nodes with eyes than on basic ones. The farther from the base the nodes are the greater probability that there will be no eye on them. The established features of the shoots development of this sort under the conditions of the Anapa-Taman area must be taken into account when shaping bushes. It is necessary to make cuttings under vegetative reproduction of this species so that an eye will surely remain on the apical edge.

Node, wintering eye, biological and anatomical features, Ampelopsis megalophylla.

References

1. **Gorbachev V.N.** Arhitecturno-hudozhestvennyye componenty ozeleneniya gorodov: Uchebnoe posobie dlya hudozh. – prom. vuzov i arhit. fak. M.: Vysshaya shkola, 1983. 207 s.
2. **Ignatjeva M.** Chelovek i priroda: obshchie priority / M. Ignatjeva // Landshaftnaya arhitectura. Dizain. 2008. № 4 (23). S. 56-59.
3. **Prihodjko G.Yu.** Landshaftnoe proektirovanie sadovyh i parkovyh objektov v usloviyah megapolisa // Plodovodstvo i vinogradstvo yuga Rossii. Rezhim dostupa: <http://journal.kubansad.ru/pdf/13/02/15.pdf>
4. **Mikhailov S.M.** Dizain gorodskoj sredy kak vid sinteticheskoy deyatel'nosti. Istoricheskij aspekt / S.M. Mihailov // Design-Review. Rezhim dostupa: http://design-review.net/index.php?show=articles&author_id=2.
5. **Slizik L.N.** Practicheskie rekomendatsii po razmnozheniyu drevesnyh lian Primorya // Redkie i ischezayushchie drevesnye rasteniya yuga Dal'nego Vostoka. Vladivostok: DVNTS AN SSSR, 1978. S. 113-117.
6. **Radchevsky P.P.** Vliyanie biologicheskogo aktivnykh veshchestv na regeneratsionnye svoystva vinogradnykh Cherenkov, vyhod I kachestvo sazhentsev: Monografiya. Krasnodar: KubGAU, 2017. 275 s.
7. **Maltabar L.M. Kozachenko D.M.** Vinogradny pitomnik: teoriya i praktika. Krasnodar, 2009. 290 s.
8. Ampelografiya SSSR. T. 1. M., 1946.
9. Derevia i kustarniki SSSR / Pod red. S.Ya. Sokolova. M. – L., 1958. T. 4.
10. Ampelografia Republicii Socialiste Romania. Bucureti, 1970. V. 1. Ш.Г. Топалэ, Kishinev.
11. Entsiklopediya vinograda. T. 1. Kishinev. S. 511.
12. **Dospehov B.A.** Metodika polevogo opyta. M., 1968. S. 305.
13. **Merzhanin A.S.** Vinogradstvo. M.: Kolos, 1967. 464 s.

The material was received at the editorial office
12.05.2017

Information about the author

Khlevny Dmitry Yevgenjevich, candidate of agricultural sciences, senior researcher, KNIISH named after P.P. Lukjyanenko, 350012, Krasnodarsky area, Krasnodar, central farmstead KNIISH; tel.: 8-961-524-43-43; e-mail: spvikin@mail.ru

УДК 502/504:712:630.1*(470.5)

Л.И. АТКИНА, Л.В. БУЛАТОВА, С.В. ВИШНЯКОВА, С.Н. ЛУТАНСКАЯ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный лесотехнический университет», г. Екатеринбург, Российская Федерация

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ РЕКРЕАЦИИ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ В ГОРОДЕ ЕКАТЕРИНБУРГЕ

Зеленый каркас г. Екатеринбурга, включающий в себя озелененные городские территории совместно с 15 лесопарками, формирует основу экологической составляющей городской среды и обеспечивает для жителей любого района шаговую доступность до объектов рекреации. Для сохранения устойчивости и естественного биоразнообразия зеленым насаждениям присваивается статус особо охраняемой природной территории. Их благоустройство требует комплексного подхода с целью организации комфортного отдыха для населения и сохранности растительного сообщества. Одним из приемов благоустройства таких территорий является создание экологических троп специально оборудованных маршрутов для экологического образования посетителей и регулирования рекреационной нагрузки. В 2016 г. по заказу Министерства природных ресурсов и экологии Свердловской области проводились работы по обустройству экологической тропы в Швакишском лесопарке г. Екатеринбурга. Для этого было запроектировано создание площадок для отдыха (спортивных и мемориальной); произведены установка аниэлагов (информационных, ситуационных, экологических, исторических) и разработка покрытий дорожной сети с учетом особенностей местности. На стадии проектирования обустройства экологической тропы было изучено воздействие на окружающую природную среду уровня загрязнения атмосферного воздуха выбросами от строительных механизмов, лакокрасочных работ, суммарного количества загрязняющих веществ; проведена оценка шумового воздействия, загрязнения почв, воздействия на поверхностные и подземные воды, на растительный и животный мир. Исследования, проведенные в рамках разработки проекта обустройства экологической тропы, показали, что ее строительство и последующая эксплуатация не принесут вреда окружающей природной среде. Данный прием благоустройства можно рекомендовать в городских насаждениях для их сохранения и повышения качества рекреационной культуры среди населения.

Экологическая тропа, особо охраняемая природная территория, благоустройство, рекреация, лесопарк.

Введение. Екатеринбург – крупнейший город Российской Федерации. Его особенностью является компактная структура, хотя за последние годы город разрастается по периферии. Екатеринбург окружен 15 лесопарками общей площадью более 12 тыс. га, что обеспечивает жителям любого района шаговую доступность до объектов рекреации [1].

Зеленый каркас, включающий в себя озелененные городские территории совместно с лесопарками, формирует основу экологической составляющей городской среды.

Для сохранения устойчивости и естественного биоразнообразия зеленым насаждениям присваивается статус особо охраняемой природной территории (ООПТ). Такие участки имеют природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение. С установлением режима особой охраны эти участки полностью или частично изымаются из хозяйственного использования решениями органов государственной власти [2].

Благоустройство особо охраняемых природных территорий в черте городской

застройки требует комплексного подхода, так как при организации комфортного для населения отдыха важно обеспечивать сохранность естественного или искусственно созданного растительного сообщества [3].

Существует множество приемов по благоустройству ООПТ, одним из которых является создание экологических троп специально оборудованных маршрутов для целей экологического образования посетителей [4]. Кроме того, они предназначены для оптимального управления туристскими потоками, поскольку позволяют перераспределять рекреационную нагрузку в определённых направлениях, тем самым уменьшая доступ на более уязвимые территории [5].

История создания экологических маршрутов насчитывает уже около 100 лет [6], и в современном мире этот прием достаточно актуален. Первые экологические тропы появились в начале прошлого века в США (тропа длиной 3300 км через Аппалачский хребет). В России одна из первых известных обустроенных троп (Голицинская) была построена в 1916 г. около пос. Судак в Крыму [7]. На сегодняшний день на территории РФ в рамках экологического просвещения повсеместно создаются экологические тропы. Так, в 2014 г. Пермское городское лесничество обустроило 3 тропы общей протяженностью 9,5 км: «Большая сосновая», «Красные горки» и «Чапаевская». В 2015 г. открылись еще три экологических маршрута [8].

В лесопарках г. Екатеринбурга существуют в основном тропы здоровья, а экологическая тропа – только одна: это тропа в память о разведчике Н.И. Кузнецове в Шувакишском лесопарке. Открытие этой тропы состоялось 27 июля 1986 г. и было приурочено к 75-летию разведчика. В 2016 г. по заказу Министерства природных ресурсов и экологии Свердловской области проводились работы по ее проектированию, а затем – обустройству.

Актуальность исследований заключается в разработке проектных предложений, позволяющих сохранить насаждения лесопарка в процессе строительства экологической тропы и ее последующей эксплуатации, на основании проведенного комплексного анализа и выполненных расчётов оценки воздействия на окружающую природную среду.

Методика. При подготовке проекта по обустройству экологической тропы на территории лесного парка «Шувакишский» был

проведен ландшафтный анализ [9]; разработаны проектные решения с учетом особенностей ландшафта, прилегающей застройки и исторической значимости объекта.

Рекреационная нагрузка, допустимая для отдыха, рассчитана в соответствии с «Временной методикой определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и временные нормы этих нагрузок» [10]. Проведена оценка воздействия на окружающую природную среду в ходе создания и эксплуатации объектов на основании Федерального закона от 23.11.1995 г. № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе» [11] при использовании СНиПов и СанПиНов, методики проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ, методического пособия по расчету выбросов в атмосферный воздух и т.д.

Результаты работы. Лесной парк Шувакишский (ООПТ) площадью 2012 га находится в северо-западной части г. Екатеринбурга. Это один из самых красивых лесных парков. Генеральным планом МО «Город Екатеринбург» лесопарк рассматривается как рекреационная зона районов Уралмаш и Сортировочный.

Рельеф парка в целом является ровным, с понижением в сторону оз. Шувакиш. Древесная растительность представлена в основном смешанными сосново-березовыми лесами с полнотой 0,7 и 0,8, местами с примесью осины и ольхи, из хвойных – лиственницы. Средний возраст насаждений составляет около 95-120 лет. Под пологом древостоев – подлесок из ивы, шиповника, жимолости, малины, черемухи, рябины и др.

На территории Шувакишского лесного парка согласно лесохозяйственному регламенту выделены четыре функциональные зоны: тихого отдыха, активного отдыха, зона перспективной застройки и историческая зона, где и проложена экологическая тропа.

Маршрут экологической тропы проложен через 8 кварталов лесного массива исторической зоны лесопарка. В этой зоне, так же, как и в целом по лесному парку, преобладает закрытый тип пространственной структуры горизонтальной сомкнутости (78,8%). 65% территории относятся к 1 классу эстетической оценки. Площади с высокой рекреационной оценкой занимают 51,7%, а с низкой – 7,5%. Это в основном насаждения, произрастающие на сырых и мокрых участках с наличием в значительных объ-

емах сухостойных деревьев и захламленности, а также болота. Насаждения на 78,6% территории характеризуется I классом устойчивости. Участки с хорошей проходимостью и с удобным передвижением во всех направлениях занимают 92,1% площади. На большей части изменения в лесной среде являются незначительными, что соответствует 2 стадии рекреационной дигрессии. По санитарной оценке, 83,7% площади лесного парка отнесены ко II классу.

Использование леса в целях отдыха и туризма относится к рекреационному лесопользованию, предусмотренному ст. 25 Лесного кодекса РФ. Одной из актуальных проблем является регулирование рекреационных нагрузок в зоне отдыха в целях исключения дигрессии территории. При пропускной способности парка 18250 чел/год и площади троп 0,55 га нагрузка на ландшафт составит 6,25 чел/га. В соответствии с «Временной методикой определения рекреационных нагрузок на природные комплексы...» допустимая для отдыха рекреационная нагрузка на ландшафт составляет 15...25 чел/га, т.е. перегрузки территории не ожидается. Однако в процессе функционирования парка его административные службы должны вести наблюдение, учёт посетителей и предпринимать соответствующие меры по регулированию нагрузки.

При общей протяженности тропы им. Н.И. Кузнецова ее обустраиваемая часть на территории Шувакишского лесного парка составляет 5485 м. Тропа начинается от главного входа в парк Победы, проходит вдоль танковой дороги, пересекает по маршруту ЛЭП, совпадает с туристической трассой и выходит к источнику Пышминский. Маршрут популярен у жителей всего города, а не только близлежащих районов: сюда приезжают для прогулок и занятий спортом семьями; для школьников проводят занятия по физкультуре, организуют тематические (экологические и исторические) походы.

Согласно техническому заданию по экологической тропе было запроектировано 9 площадок, в том числе 6 – для отдыха с беседками, 3 – спортивные. Дополнительно проектом предусмотрено создание при входе в парк мемориальной площадки в честь 105-летия разведчика с установкой памятного камня и аншлагов, посвященных Н.И. Кузнецову.

Спортивные площадки с оборудованием на разные группы мышц: перекладины,

брусья, рукоходы, шведская стенка – располагаются в первой трети маршрута тропы. Беседки (3 больших и 2 маленьких) распределены по всей протяженности маршрута для обеспечения комфортного отдыха посетителей.

На всем протяжении тропы запланирована установка указателей направлений, поскольку парк пересекает большое количество дорожек. Маркировка тропы как «Орден Красного Знамени» поддерживает ее историческую значимость и рекомендована к покраске.

По маршруту устанавливаются более 30 аншлагов (информационные, ситуационные, экологические, исторические). Ситуационные аншлаги с изображением схемы тропы, мест отдыха и занятия спортом запланированы в начале и конце тропы, а также на площадках отдыха. Экологические аншлаги с описанием характерной для парка растительности и животного мира размещены по маршруту в местах кратковременного отдыха и у беседок. Информационные аншлаги, расположенные вдоль маршрута, оповещают о пересечении с автомобильной и железной дорогой, линией электропередач, содержат предупреждения о сохранении чистоты окружающей природной среды и защите от пожара.

Типы покрытия тропы меняются в зависимости от состояния участков. В основном запланированы дорожки с отсыпкой из ПГС, а в пониженных местах – деревянные настилы для сохранения растительности и удобства посетителей парка. В наиболее удаленных частях маршрута, где загруженность тропы является невысокой, в качестве покрытия сохраняется естественный живой напочвенный покров.

Вдоль тропы были рекомендованы такие хозяйственные мероприятия, как проведение выкоса травы и мелкоколесья с каждой стороны по 5 м; уборка аварийных деревьев; очистка от захламленности; санитарная уборка территории от несанкционированных свалок; посадка растений. Посадка обусловлена наличием вдоль маршрута полигона, который требовалось визуально закрыть от посетителей. Тропа проходит через ж/д тоннель, который нуждается в реконструкции. Вдоль маршрута рекомендована установка деревянных скульптур, а также сооружение кормушек для птиц и белок.

На стадии проектирования обустройства экологической тропы и последующей

ее эксплуатации были изучено воздействие на окружающую природную среду, а именно уровень загрязнения атмосферного воздуха выбросами от строительных механизмов, лакокрасочных работ, суммарного количества загрязняющих веществ; проведена оценка шумового воздействия, загрязнения почв, воздействия на поверхностные и подземные воды, на растительный и животный мир.

Строительство дорожно-тропиночной сети, оказывающее незначительное (ло-

кальное) воздействие на окружающую среду, относится к объектам третьего класса экологической опасности. Основными временными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются строительная техника и механизмы, технологические операции, связанные с разгрузкой и перемещением ПГС, окрасочные работы. Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу при строительстве, представлен в таблице.

Таблица

Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу

Загрязняющее вещество		Исполь- зуемый критерий	Значение критерия, мг/м³	Класс опасно- сти	Суммарный выброс вещества	
код	наименование				г/с	т/год
1	2	3	4	5	6	7
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	ПДК м/р	0,20000	3	0,0001575	0,0007300
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	ПДК м/р	0,40000	3	0,0003181	0,0000446
0328	Углерод (Сажа)	ПДК м/р	0,15000	3	0,0037900	0,0454800
0330	Сера диоксид-Ангидрид сернистый	ПДК м/р	0,50000	3	0,0009550	0,0001060
0337	Углерод оксид	ПДК м/р	5,00000	4	0,0415000	0,5291125
0621	Метилбензол (Толуол)	ПДК м/р	0,60000	3	0,0077500	0,0003350
1210	Бутилацетат	ПДК м/р	0,10000	4	0,0015000	0,0000650
1401	Пропан-2-он (Ацетон)	ПДК м/р	0,35000	4	0,0032500	0,0001400
2732	Керосин	ОБУВ	1,20000		0,0047300	0,0052000
2902	Взвешенные вещества	ПДК м/р	0,50000	3	0,0405556	0,0004380
2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO2	ПДК м/р	0,30000	3	0,1000083	1,6000000
Всего веществ, в т.ч: 11					0,2045145	2,1816511
твердых: 3					0,1443539	1,6459180
жидких/газообразных: 8					0,0601606	0,5357331

Для снижения оказываемого негативного воздействия технология выполнения работ запланирована с применением только легкой малогабаритной строительной-транспортной техники, исключающей повреждение почвенного покрова и древесно-кустарниковой растительности, ручного или переносного бензоинструмента.

Расчёт загрязнения атмосферы выполнен в соответствии с ОНД-86 «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий», с использованием унифицированной программы расчёта загрязнения атмосферы УПРЗА ЭКОЛОГ, версия 3.1.

Расчет рассеивания загрязняющих веществ атмосферного воздуха показал, что уровень загрязнений, создаваемых азота диоксидом, азота оксидом, серы диоксидом, не превышает 0,1 ПДК, т.е. данные вещества не являются загрязнителями окружающей природной среды, их суммарные максимальные расчетные концентрации меньше кон-

станты, принятой равной 0,1 ПДК на контрольных точках по границам ООПТ и жилой застройки. Выбросы сажи, углерода оксида, толуола, бутилацетата, ацетона, керосина, взвешенных веществ пыли неорганической 70-20% SiO₂ во всех расчетных точках на границах охранной и жилой зон не превышают 0,8 ПДК и 1 ПДК соответственно.

Из произведенных расчетов следует, что в процессе производства работ по обустройству экологической тропы, с учетом кратковременности работ, воздействие на атмосферный воздух и на окружающую среду в целом будет незначительным, будет иметь локальный характер и не приведет к необратимым последствиям, т.к. в проекте запланированы все необходимые мероприятия, обеспечивающие восстановление элементов природной среды. Также была предусмотрена программа производственного экологического контроля (мониторинга) за характером изменений всех компонентов экосистемы при строительстве и эксплуатации объекта.

Особое внимание уделено участкам, подверженным подтоплению в весеннее время.

Таким образом, проектируемая экологическая тропа не считается источником вредного воздействия на среду обитания и здоровье человека [12], и ее обустройство позволит снизить нагрузку на окружающую природную среду, а также повысит рекреационную привлекательность лесного парка «Шувакишский».

Выводы

Сохранение устойчивости естественных лесных массивов в условиях повышения потребности в г. Екатеринбурге в благоустроенных рекреационных объектах является основной задачей. При проектировании, строительстве и эксплуатации объектов рекреации на особо охраняемых природных территориях необходимо учитывать не только режим охраны объекта, но и специфику прилегающей застройки, лесорастительные условия, историческую и градостроительную значимость и категорию посетителей.

Проект обустройства экологической тропы им. Н.И. Кузнецова и его реализация – это пример бережного использования возможностей ООПТ в просветительской, эстетической, научной и иных целях. Он позволяет снизить дигрессию от неорганизованного посещения, сохранить растительность и повысить качество рекреационной культуры среди населения.

Проведенные в процессе разработки проекта экологической тропы исследования позволили повысить рекреационную емкость, рационально распределить нагрузку на ландшафт, подобрать типы покрытий и необходимое оборудование для отдыха и занятий спортом с учетом особенностей посещения. Расчеты по оценке воздействия на природную среду показали, что ущерб от строительства тропы и ее последующая эксплуатация сведены к минимуму. Это стало возможным благодаря замене в технологической схеме тяжелой техники на малогабаритные машины и механизмы, переносу части операций за пределы объекта (строительство беседок и настилов, окрасочные работы), использованию уже имеющихся просек и проездов для разгрузки и перемещения ПГС и строительных материалов.

Подобный подход к обустройству рекреационных объектов, расположенных на землях ООПТ, показал, что щадящее

благоустройство лесопарков возможно и что подобная практика подлежит необходимому широкому внедрению.

Библиографический список

1. **Зайцев О.Б., Поляков В.Е.** Особо охраняемые природные территории города Екатеринбурга. Екатеринбург: «Издательский дом «Ажур», 2015. 51 с.
2. Федеральный закон РФ «Об особо охраняемых природных территориях» от 14.03.1995 г. № 33-ФЗ (ред. От 23.06.2014 г.) // <http://base.garant.ru/10107990/>.
3. **Оборин М.С., Непомнящий В.В.** Разработка экологических троп в особо охраняемых природных территориях различных природных регионов // Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки. 2010. № 21 (92). С. 174-180.
4. **Маладаева О.К., Цырендоржиева Т.Б.** Экологическая тропа как форма экологического образования и оптимизации рекреационной деятельности // Вестник БГУ. 2010. № 4. С. 45-47.
5. **Кебалова Л.А., Кучмасова А.А.** Рекреационное значение особо охраняемых природных территорий и экологических троп РСО-А. // Вестник Владикавказского научного центра. 2015. Т. 15. № 4. С. 63-70.
6. **Бешко Н., Иботова К., Умарходжаева У.** Экологическая тропа: Методическое пособие для учителей. Ташкент, 2010. 59 с.
7. **Лужкова Н.М., Хидекель В.В.** Необходимость классификации троп на особо охраняемых природных территориях России // Проблемы земной цивилизации: Межвуз. сб. науч. трудов «Поиск решения проблем выживания, безопасности и развития земной цивилизации в условиях всеобщей глобализации и интеграции». Вып. 19. Иркутск: Изд-во Иркут. техн. ун-та, 2008. С. 365-369.
8. Обустройство экологических троп в пермских городских лесах [Электронный ресурс] // Природа города Перми. <http://www.prirodaperm.ru/tropy/2015/04/15/2282> (Дата обращения: 18.02.2012 г.).
9. **Агальцова В.А.** Основы лесопаркового хозяйства: Учебник. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. 213 с.
10. Временная методика определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и временные нормы нагрузок. М., 1987. 31 с. // [ttp://www.consultant.ru/cons/CGI/online.cgi?req=doc&base=ESU&n=40593#0](http://www.consultant.ru/cons/CGI/online.cgi?req=doc&base=ESU&n=40593#0)

11. Федеральный закон от 23.11.1995 г. № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе» // http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8515/

12. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов: СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03, п. 2.1 от 25 сентября 2007 г. № 74 г. <http://base.garant.ru/12158477/>

Материал поступил в редакцию 20.03.2017 г.

Сведения об авторах

Аткина Людмила Ивановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой ландшафтного строительства, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 620100, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37; тел.: 8(343)262-97-84; e-mail: atkina@mail.ru

Булатова Любовь Валентиновна, аспирантка кафедры ландшафтного строительства, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 620000, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37; тел.: 8(343)262-97-84; e-mail: lbul82@mail.ru

Вишнякова Светлана Вячеславовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ландшафтного строительства, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 620000, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37; тел.: 8(343)262-97-84; e-mail: svvish@rambler.ru

Луганская Светлана Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ландшафтного строительства, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 620000, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37; тел.: 8(343)262-97-84; e-mail: sve-luganskaya@yandex.ru

L.I. ATKINA, L.V. BULATOVA, S.V. VISHNYAKOVA, S.N. LUGANSKAYA

The Federal state budget educational institution of higher education «The Ural state forestry engineering university», Yekaterinburg

FEATURES OF FORMATION OF RECREATION OBJECTS ON SPECIALLY PROTECTED NATURAL TERRITORIES IN THE CITY OF YEKATERINBURG

The green framework of Yekaterinburg including the planted trees and shrubs urban areas together with 15 forest parks forms the basis of the ecological component of the urban environment and provides the residents of any district with recreation facilities within a walking distance. To preserve sustainability and natural biodiversity, green plantations are given the status of specially protected natural territories. Their improvement requires an integrated approach with the aim of organizing a comfortable rest for the population and conservation of the plant community. One of the ways to improve such territories is the creation of ecological paths – specially equipped routes for ecological education and training of visitors and regulation of recreational loads. In 2016 according to the order of Ministry of natural resources and ecology of the Sverdlovsk region there was carried out some work on development of an ecological path in the Shuvakish forest park in Yekaterinburg. For this purpose it was recommended: creation of a memorial platform and sports grounds for recreation; installation of information, situational, ecological, historical points; development of road network surfacing taking into account features of the area. At the designing stage of development of the ecological pathway, the effects on the environment were studied: the level of atmospheric air pollution from emissions from construction machinery, paint and varnish work, total amount of pollutants; there was fulfilled an assessment of noise influence, pollution of soils, influence on surface and underground water, on flora and fauna. The studies carried out within the framework of the development of the project for arrangement of the ecological path showed that its construction and subsequent operation will not harm the natural environment. This method of improvement can be recommended in urban plantations to preserve them and improve the quality of recreational culture among the population.

Ecological path, specially protected natural territory, improvement, recreation, forest park.

References

1. Zajtsev O.B., Polyakov V.E. Osobo ohranyaemye prirodnye territorii goroda Yekaterinburga. «Izdatel'skij dom «Azhar», Yekaterinburg, 2015. 51s.

2. Federalnyj zakon RF «Ob osobo ohranyaemyh prirodnyh territoriyah» ot 14.03.1995 g. № 33-FZ (red. ot 23.06.2014 g.)

3. Oborin M.S., Nepomnyashchij V.V. Razrabotka ekologicheskikh trop v osobo ohran-

yaemyh prirodnih territoriyah razlichnyh prirodnih regionov // Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya: Estestvennye nauki. 2010. № 21 (92) S. 174-180.

4. **Maladaeva O.K., Cyrendorzhieva T.B.** Ecologicheskaya tropa kak forma ecologicheskogo obrazovaniya I optimizatsii reakcionnoy deyatel'nosti // Vestnik BGU. 2010. № 4. S. 45-47.

5. **Kebalova L.A., Kuchmasova A.A.** Rekreacionnoe znachenie osobo ohranyaemyh prirodnih territorij ecologicheskikh trop RSO-A. Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo tsentra. 2015. T. 15. № 4. S. 63-70.

6. **Beshko N., Ibotova K., Umarhodzhaeva U.** Ecologicheskaya tropa: Metodicheskoe posobie dlya uchitelej. Tashkent, 2010. 59 s.

7. **Luzhkova N.M., Hidekel V.V.** Neobhodimost' klassifikatsii trop na osobo ohranyaemyh prirodnih territoriyah Rossii // Problemy zemnoj tsivilizatsii: Mezhd. sb. nauch. trudov «Poisk resheniya problem vyzhivaniya, bezopasnosti razvitiya zemnoj tsivilizatsii v usloviyakh vseobshchej globalizatsii I integratsii». – Irkutsk: Izd-vo Irkut. tekhn. un-ta. 2008. Vyp. 19. S. 365-369).

8. Obustroystvo ecologicheskikh trop v permskikh gorodskikh lesah [Elektronnyy resurs]// Priroda gorodaPermi. <http://www.priodaperm.ru/tropy/2015/04/15/2282> (Data obrashcheniya: 18.02.2012).

9. **Agaljcova V.A.** Osnovy lesoparkovogo hozyajstva: uchebnik. M.: GOU VPO MGUL, 2008. 213 s.

10. Vremennaya metodika opredeleniya rekreacionnyh nagruzok na prirodnye com-

pleksy pri organizatsii turizma, ekskursij, massovogo povsednevnogo otdyha I vremennye normynagruzok. M., 1987. 31 s.

11. Federal'nyj zakon ot 23.11.1995 g. № 174-FZ «Ob ecologicheskoy ekspertize».

12. Sanitarno-zashchitnye zony I sanitarnaya klassifikatsiya predpriyatij, sooruzhenij i inyh objektov: SanPiN 2.2.1/2.1.1.1200-03. P. 2.1 ot 25 sentyabrya 2007 g. № 74 g.

The material was received at the editorial office
20.03.2017

Information about the authors

Atkina Ludmila Ivanovna, doctor of agricultural sciences, Professor; Head of the chair «Landscape building»; FSBEI HE USFEU; 620100 Yekaterinburg, ul. Sibirskii trakt, 37; tel.: 8(343)262-97-84; e-mail: atkina@mail.ru

Bulatova Lyubov Valentinovna, post graduate student; FSBEI HE USFEU; 620100, Yekaterinburg, ul. Sibirsky tract, 37; tel. 8(343)262-97-84; e-mail: lvbul82@mail.ru

Vishnyakova Svetlana Vyacheslavovna, candidate of agricultural sciences, associate professor of the chair «Landscape building»; FSBEI HE USFEU; 620100, Yekaterinburg, ul. Sibirskytrakt, 37; e-mail: svet-vv@mail.ru

Luganskaya Svetlana Nikolaevna, candidate of agricultural sciences, associate professor of the chair «Landscape building»; FSBEI HE USFEU; 620100, Yekaterinburg, ul. Sibirskytrakt, 37; e-mail: sveluganskaya@yandex.ru

УДК 502/504:712.03(470.5)

М.И. ШЕВЛЯКОВА, Л.И. АТКИНАФедеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный лесотехнический университет», г. Екатеринбург, Российская Федерация**ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЗНАКОВЫХ ЛАНДШАФТНЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ САДА ХАРИТОНОВА, Г. ЕКАТЕРИНБУРГ**

Статья посвящена актуальным на сегодняшний день вопросам реставрации на примере объекта наследия федерального значения «Дома Харитонова, XIX век». Сад при усадьбе Харитонова-Расторгуева был заложен в 1820-е гг. и выполнен в английском стиле. Является уникальным как единственный сохранившийся до наших дней общественный парк города Екатеринбурга. Цель работы – проследить трансформацию знаковых элементов ландшафтной архитектуры в парке. Для исследования выбраны сохранившиеся как охраняемые объекты, так и утраченные, но имеющие особую ценность для планировочной структуры парка: беседки, купольная ротонда, ротонда-фонтан, пруд и прилегающие рядовые посадки, лучевые аллеи. Выделены четыре этапа преобразований сада. В начале каждого из этапов сад получал новое функциональное назначение: частная приусадебная территория, общественный увеселительный парк, советский парк культуры и отдыха, современный общественный парк исторического наследия, но при отсутствии должного ухода и плана развития территории до каждой из последующих реконструкций пребывал в запущении. К настоящему времени сад претерпел существенные изменения своего исторического облика. Наиболее наглядно это выразилось в смене знаковых малых архитектурных форм: павильонов, беседок, ротонды, грота и других. Для возвращения объекту наследия его первоначального облика следует восстановить соответствующие историческому пейзажному парку насаждения, сохранившиеся на снимках начала XX в., и его малые архитектурные формы эпохи расцвета, а именно 40-60-е гг. XIX в., которые в наибольшей степени выражают стилистику парка.

Дворец творчества учащихся, сад Харитонова, реконструкция, восстановление исторического облика, сохранение культурного наследия, этические принципы реставрации, архивные данные.

Введение. Сохранение объектов исторического наследия – важнейшая задача современности. Это не только придание охранного статуса, но и работы по воссозданию утраченного облика, так как любой исторический объект со временем претерпевает значительные изменения. В городе Екатеринбурге при наличии большого количества объектов культурного наследия Харитоновский сад уникален как единственный сохранившийся до наших дней общественный парк.

На сегодняшний день сад носит название парка Дворца творчества учащихся. Расположен он в границах улиц Карла Либкнехта, Шевченко, Мамина-Сибиряка и Клары Цеткин. Историческая ценность парка заключается в не изменившейся за столетия планировке и наличии архитектурных элементов различной степени сохранности [1].

Цель представленной работы – проследить трансформацию знаковых элементов ландшафтной архитектуры в парке.

Методика. Для исследования выбраны как сохранившиеся охраняемые объекты, так и утраченные, но имеющие особую ценность для планировочной структуры парка: беседки, купольная ротонда, ротонда-фонтан, пруд и прилегающие рядовые посадки, лучевые аллеи.

Результаты. История усадьбы берёт начало в 1806 г., когда титулярная советница Наталья Токарева продала землю вместе с недостроенным домом купцу 1-й гильдии, а затем золотопромышленнику и заводовладельцу Льву Ивановичу Расторгуеву. К 1814 г. общая площадь усадьбы составляла 2106 квадратных саженей (около 1 га). Согласно исследованиям [2], сразу по окончании работ Л.И. Расторгуев принимает решение устроить приусадебный сад. В многочисленных прошениях владельцу усадьбы отвести пустующее заболоченное место неподалёку от церкви Вознесения Господня было отказано в связи с тем, что «место под садом следует считать городским и дело прекратить» [3]. Однако просимый участок

Льву Ивановичу предоставили в аренду сроком на 12 лет [4]. На этой территории Расторгуев запроектировал первый общественный городской сад (арх. М.П. Малахов), строительство которого велось с 1820-х по 1840-е гг. К этому времени вся усадьба занимала уже около 8,6 га.

На первом этапе формирования сад являл собой образец высокого искусства в стиле классицизма, структура парка представляла органичное пространство, с выверенной сетью осей и композиционных центров. Прилегающая к усадьбе парковая территория, хотя и значилась общегородской, однако отношение к ней у Льва Ивановича, его наследников, закрепилось собственническое. Садом гордились как образцом высокого искусства, уход велся, как за частной территорией. Насаждения на первом этапе строительства практически не изменялись и представляли собой фрагмент естественного смешанного леса с участием ели обыкновенной, берёзы повислой, сосны обыкновенной, осины и других видов, характерных для лесов, окружающих Екатеринбург.

После смерти хозяина в 1823 г. владельцем усадьбы стал Пётр Яковлевич Харитонов, замужем за которым была дочь Льва Ивановича – Мария. В это время усадьба была лучшей в Екатеринбурге, о чём свидетельствует интерес к ней у знаменательных особ XIX в. В сентябре 1824 г. в ней проживал царь Александр I, а в мае 1837 г. останавливался наследник – Александр II. В 1833 г. в Париже был выпущен альбом иллюстраций крупного учёного и путешественника – профессора физики и химии Казанского университета А.Я. Купфера «Путешествие на Урал, предпринятое в 1828 году», в котором были опубликованы снимки усадьбы, выполненные Карлом Клаусом [5]. Сад «на скате горы, с прекрасными цветниками, оранжереями, беседками и прудом» [6] был любимым местом отдыха горожан. По воспоминаниям Д. Сигова [6], «сад всегда открыт для публики, и в хорошие летние дни, особенно в праздничные, посещается лучшим обществом, и приносит много удовольствия. Этот сад мог бы быть украшением и столицы, а в Екатеринбурге почитается редкостью, где, кроме его, нет ни одного публичного сада».

Второй этап формирования облика парка условно начинается со ссылки Харитонova и передачи усадьбы в собственность владельцев Кыштымских заводов, которые

сдавали помещения дома различным учреждениям и частным лицам. Так, в 1880-е гг. часть дома арендовало Екатеринбургское реальное училище. К тому времени усадьба уже не имела того вида, которым по праву гордились первые наследники Расторгуева: она носила запущенный характер, постройки находились в неудовлетворительном состоянии.

В 80-е гг. XIX в. сад был передан в аренду мещанину В.В. Семёнову [7] и носил название по имени старого владельца: парк Харитонova.

Роль сада в этот период стала приобретать совсем иной характер: пейзажные картины и образы смещаются на второй план, появляются утилитарные постройки (павильоны, киоски), из усадебного сада для тихого отдыха и романтических прогулок парк трансформируется в общественный увеселительный парк развлечений, целью которого является получение доходов. С посетителей взималась плата за вход, однако сад по-прежнему «доставлял немало удовольствия публике». В нём был обустроен летний театр, в котором ставились «всевозможные драматические, оперные и опереттные представления» [8]: «Для летнего помещения театр устроен хорошо, это не тот балаган, в котором несколько дней тому назад дождь поливал публику, теперь все сделано заново, и можно смело идти туда» [8]. «Множество новых сооружений, начиная от небольших киосков тут и там раскинутых по саду <...> Хорошо утрамбованные дорожки и аллеи, вечером освещаемые множеством разноцветных фонарей, электрическое освещение, газовые солнца, различные игры и увеселения: бильярд, кегли, тир, фейерверк...».

Организация досуга горожан требовала немало затрат, на 1895 г. входные билеты продавались номиналом в 50 коп. [9], что мог себе позволить не каждый желающий, однако основным источником дохода арендатора были не спектакли и игры, а продажа спиртного. Несмотря на дурную репутацию в глазах горожан [7] в парке велось благоустройство: возвели деревянное ограждение, лестницы на спуске от купольной ротонды обезопасили деревянными перилами, велись посадки. На фотографии 1910 г. на первой из лучевых аллей, ведущих от купольной ротонды, хорошо видны [10] посадки липы мелколистной в возрасте 12-14 лет (рис. 1).



Рис. 1. Фотография С.М. Прокудина-Горского, 1910 г.: вид на Вознесенскую церковь и утраченную беседку-ротонду

С введением «сухого» закона в 1914 г. арендатор оставил неприбыльное дело. После революционных событий 1917 г. долгое время дом Харитоновых передавали из рук в руки, пока в 1936 г. усадьбу вместе с са-

дом не передали в бессрочное пользование «Дворцу пионеров» [11]. За это время парк сильно обветшал. В 1924 г. на острове под деревянной беседкой произошёл провал, беседка полностью была утрачена (рис. 2).



Рис. 2. Деревянная беседка на острове до реконструкции, 1920-1930-е гг., опубликована в 1936 г. [12]. Почтовая карточка, 1933-1934 гг., сад Облпрофсовета

Судя по почтовой карточке 30-х гг. XX в. (рис. 2), изначально открытая беседка была утеплена, поставлена печка, использовалась клубом для игр.

Важным этапом в формировании парка была его масштабная реконструкция архитектором В.В. Емельяновым в 1937 г., в результате которой парк был сведён в границы 7 га. На острове вместо руин воз-

ведена каменная ротонда-фонтан, площадка ротонды и деревянные лестницы были оформлены каменной балюстрадой, произведены посадки тополей по берегу пруда. Сад в результате преобразований приобрёл дух советской любви к Родине, были созданы новые павильоны по мотивам русских сказок, под строительство которых были расчищены новые площади, исторически

занятые посадками. Согласно данным П.В. Луговых [13], к середине XX в. в парке насчитывалось около 2,5 тыс. деревьев и 12 тыс. кустарников (всего 32 вида), среди которых были липа, берёза, лиственница, ель, пихта, рябина, черемуха, яблоня сибирская, сирень и др.

До следующей реконструкции в 1984 г. в парке никаких работ не велось. Главное композиционное звено – купольная ротонда в верхней части парка (рис. 1) – была утра-

чена при пожаре до проведения реконструкции (сер. 1990-х гг.). Со времени основания (ок. 1830 гг.) она использовалась в качестве буфета (после реконструкции 1937 г.); позже, до 50-60-х гг. XX в., была передана под читальный зал библиотеки; в 60-е гг. в ней расположили склад театральных декораций. Китайская беседка над гротом тоже была утрачена. Последнее упоминание о ней сохранилось на плане 1950 гг., где она имела круглую форму (рис. 3).

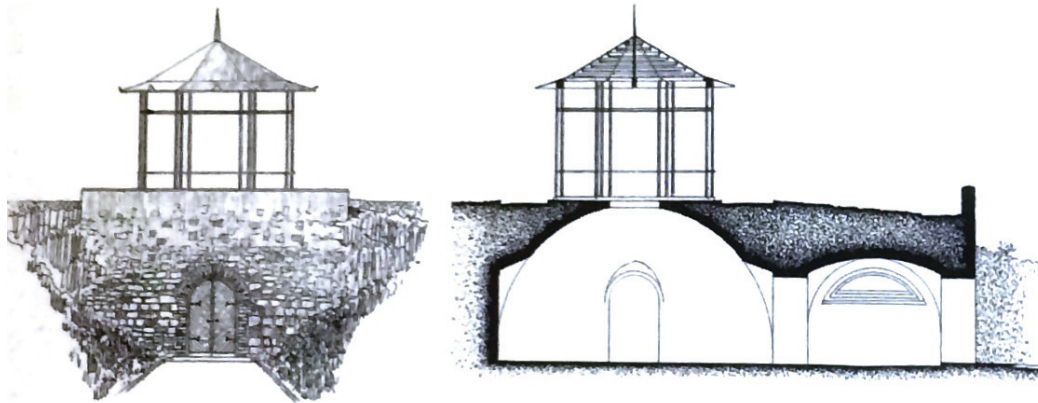


Рис. 3. Вход и разрез винного грота с беседкой [14]

За последующий период до нашего времени найдено недостаточно сведений для восстановления этапов последующих преобразований парка. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что парк, как и прежде, имел увеселительный и доходный характер. В 1992 г. ветхий деревянный двухметровый забор заменили кованой металлической оградой, которой «здесь не было, но реставраторы считают, что не многим погрешили против истины, взяв за образ ограду соседнего храма» [15]. Это позволило в некоторой степени сохранить сам парк, но образ его вновь претерпел значительные изменения. По сведениям на 1995 г., липы вдоль лучевых аллей, представленные на фотографиях Прокудина-Горского, были вырублены [16]. Те же данные указывают на то, что установлена новая система водоснабжения насосами из подвалов института «Уралгипроруда» (ул. Мамина-Сибиряка, дом 85), которая была нарушена при прочистке в 1976 г. Восстановление прежней системы питания пруда истоком речки Засухин Ключ [7] сочтено невозможным. Как объяснял инженер Дворца творчества учащихся отсутствие проводимых в парке работ, «реставрировать парк обойдётся дороже, чем снести и построить все его фрагменты заново» [17]. В последую-

щие затем годы в парке проводились лишь мероприятия, направленные на удаление старых и больных деревьев (вырубка более 1 тыс. деревьев [18]), включая исторические посадки: например, тополь белый в 2005 г. у Детского экологического центра; возраст второго сохранившегося дерева сейчас достигает 112 лет). Лишь за последние три года интерес к Харитоновскому саду возобновился, встал вопрос о его реставрации, проводятся мероприятия по посадке деревьев, проектированию мест отдыха.

Выводы

Парк претерпел за всё время своего существования, будучи всегда востребованным и любимым горожанами, разительные изменения, подстраивающиеся под этапы преобразования самого осмысления российским народом своего места в истории. Наиболее наглядно это выразилось в смене знаковых малых архитектурных форм: павильонов, беседок, ротонды, грота и др. Трансформация образа парка, выраженного через архитектурные сооружения, не всегда совпадала с реконструкцией насаждений. В наибольшей степени выражают стилистику парка малые архитектурные формы эпохи расцвета, а именно 40-60-е гг. XIX в.

Библиографический список

1. **Козинец Л.А.** Каменная летопись города. Свердловск: Сред. – Урал. кн. изд-во, 1989. 160 с.
2. **Раскин А.М.** Классицизм в памятниках архитектуры Свердловской области. Екатеринбург: РОО НИИМК, 2007. 160 с.
3. Екатеринбург за 200 лет (1723-1923). Екатеринбург: Типография «Гранит», 1923. 364 с.
4. **Владимирский Д.** Сад в центре // Вечерний Свердловск. 1969. 2 августа. С. 4-5.
5. **Зорина Л.И.** О книге «Путешествие на Урал» А. Купфера // Урал. старина: Лит. – краевед. зап. Екатеринбург, 1996. Вып. 2. С. 72-75.
6. **Сигов Д.** Описание города Екатеринбурга и его окрестностей // Заволжский муравей. Казань: Казанский ун-т, 1834. Ч. 3. № 22. С. 446-462.
7. **Зорина Л.И., Слукин В.М.** Улицы и площади старого Екатеринбурга. Екатеринбург: «Баско», 2005. 256 с.
8. Хроника // Екатеринбургская неделя. 1887. 23 июня. С. 513.
9. **Рябова С.А.** Увеселительные сады в социокультурном пространстве городов России в конце XIX – начале XX века: Автореферат дис. ...канд. ист. наук. М., 2016. 304 с.
10. Prokudin-Gorskii Collection // Library of Congress: Prints & Photographs Online Catalog. – Washington, 2015. URL: <http://www.loc.gov/pictures/collection> (Дата обращения: 13.10.2016 г.).
11. **Козинец Л.А.** Композиционная роль усадьбы Расторгуева-Харитонов (ныне дворец пионеров) в системе застройки исторически сложившегося центра г. Свердловска / Вопросы теории и практики архитектурной композиции. М.: Моск. орд. труд. Крас. знам. арх. ин-т, 1979. Ч. 10. С. 64-70.
12. Garden showing a pavilion, Sverdlovsk, Soviet Union Collection: Centre Canadien d'Architecture / Canadian Centre for Architecture. Montréal, 2016. URL: <http://www.cca.qc.ca> (Дата обращения: 13.10.2016 г.).
13. **Луговых П.В.** Озеленение Свердловска. Свердловск: Изд-во МКХ РСФСР, 1959. 60 с.
14. **Раскин А.М.** Знаменитые усадьбы Свердловской области. Екатеринбург: Со-крат, 2008. С. 18-19.
15. **Сидоров М.** Белоколонный, таинственный, многострадальный // Вечерний Екатеринбург. 1992. 3 окт. С. 8.
16. Пейзаж. Восстановление парка // Урал. 1995. № 2. С. 267-268.
17. Краеведы сомневаются // Республика. 1996. 29 авг. № 37(146). С. 3.
18. **Шевлякова М.И., Луганская С.Н.** Характеристика насаждений Харитоновского сада, г. Екатеринбург // Пермский аграрный вестник. Пермь: Изд-во ИПЦ «Прокрость», 2016. № 2 (14). С. 94-100.

Материал поступил в редакцию 24.03.2017 г.

Сведения об авторах

Шевлякова Мария Игоревна, аспирантка, УГЛТУ, 620100, Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37; тел.: +7(912)252-09-18; e-mail: shevlyakovamaria@gmail.com.

Аткина Людмила Ивановна, д-р с.-х. н., проф., зав. каф. ландшафтного строительства, УГЛТУ, 620100, Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37; e-mail: Atkina@mail.ru.

M.I. SHEVLYAKOVA, L.I. ATKINA

Federal state budgetary educational institution of higher education «The Ural state forestry engineering university», Yekaterinburg, Russian Federation

TRANSFORMATIONS OF THE SYMBOLIC LANDSCAPE ELEMENTS OF THE KHARITONOV GARDEN, YEKATERINBURG

This article is devoted to current issues in the restoration by the example of the object of heritage of the Federal value «the House of Kharitonov, XIX century». The garden at the estate of Kharitonov-Rastorguev was laid in 1820-ies designed in the English style. It is unique as the only surviving public Park in the city of Yekaterinburg. The aim of the present work is to trace the transformation of the emblematic elements of the landscape architecture in the Park. For the study there were chosen the objects, both under protection and preserved and lost, but particularly valuable for structural planning of the Park: arbours, dome rotunda, rotunda-fountain, pond and adjacent row plantings, radial paths. There are marked four stages of garden transformation. At the beginning of each stage the garden was given a new functional purpose: a private plot of land, public amusement park, soviet park of culture and recreation, modern public park of historical heritage, but due to the absence of the proper

care and territory development plan it remained neglected before each of the subsequent reconstructions. By the present time the garden has undergone significant changes of its historic appearance. This was most clearly expressed in the change of symbolic small architectural forms: pavilions, arbors, rotunda, grotto and others. To return the heritage look to its original appearance, it is necessary to restore the appropriate historical landscape plantings survived in the park photographs of the early XX century as well as small architectural forms of the heyday, namely the 40-60-ies of the XIX century which most express the style of the park.

The Students Creativity Palace of Yekaterinburg, Kharitonov Gardens, reconstruction, restoration of historical appearance, preservation of historical heritage, ethical principles of restoration, archive data.

References

1. **Kozinets L.A.** Kamennaya letopis goroda. Sverdlovsk: Sred. – Ural. kn. izd-vo, 1989. 160 s.
2. **Raskin A.M.** Klassitsizm v pamyatnikah arhitektury Sverdlovskoy oblasti. Yekaterinburg: ROO NIIMK, 2007. 160 s.
3. Yekaterinburg za 200 let (1723-1923). Yekaterinburg: Tipografiya «Granit», 1923. 364 s.
4. **Vladimirsky D.** Sad v tsentre // Vechernij Sverdlovsk. 1969. 2 avgusta. S. 4-5.
5. **Zorina L.I.** O knige «Putishestvie na Ural» A. Kupfera // Ural. starina: Lit. – kraeved. zap. Yekaterinburg, 1996. Vyp. 2. S. 72-75.
6. **Sigov D.** Opisanie goroda Yekaterinburga i ego okrestnostej // Zavolzhskij muravej. Kazan: Kazansky un-t, 1834. Ch. 3. № 22. S. 446-462.
7. **Zorina L.I., Slukin V.M.** Ulitsy i ploshchadi starogo Yekaterinburga. Yekaterinburg: «Basko», 2005. 256 s.
8. Hronika // Yekaterinburgskaya nedelya. 1887. 23 iyunya. S. 513.
9. **Ryabova S.A.** Uveselitelnye sady v sotsiokulturnom prostranstve gorodov Rossii v kontse XIX – nachale XX veka: Avtoreferat dis. ... cand. ist. nauk. M., 2016. 304 s.
10. Prokudin-Gorskii Collection // Library of Congress: Prints & Photographs Online Catalog. – Washington, 2015. URL: <http://www.loc.gov/pictures/collection> (Data obrashcheniya: 13.10.2016 g.).
11. **Kozinets L.A.** Kompozitsionnaya rol' usagby Rastorgueva-Kharitonova (nyne dvorets pionerov) v sisteme zastrojki istoricheskij slozhivshegosya tsentra g. Sverdlovsk. / Voprosy teorii i praktiki arhitekturnoj kompozitsii. M.: Mosk. ord. trud. Kras. Znam. arh. in-t, 1979. Ch 10. S. 64-70.
12. Garden showing a pavilion, Sverdlovsk, Soviet Union Collection: Centre Canadien d'Architecture / Canadian Centre for Architecture. Montréal, 2016. URL: <http://www.cca.qc.ca> (Data obrashcheniya: 13.10.2016 g.).
13. **Lugovyh P.V.** Ozelenenie Sverdlovsk. Sverdlovsk: Izd-vo MKH RSFSR, 1959. 60 s.
14. **Raskin A.M.** Znamenitye usadby Sverdlovskoy oblasti. Yekaterinburg: Sokrat, 2008. S. 18-19.
15. **Sidorov M.** Belokolonny, tainstvenny, mnogostradalny // Vechernij Yekaterinburg. 1992. 3 okt. S. 8.
16. Pejzazh. Vosstanovlenie parka // Ural. 1995. № 2. S. 267-268.
17. Kraevedy somnevayutsya // Respublika. 1996. 29 avg. № 37(146). S. 3.
18. **Shevlyakova M.I., Luganskaya S.N.** Harakteristika nasazhdenij Kharitonovskogo sada, g. Yekaterinburg // Permsky agrarny vestnik. Perm: Izd-vo IPTS «Prokrostop», 2016. № 2 (14). S. 94-100.

The material was received at the editorial office
24.03.2017

Information about the authors

Shevlyakova Maria Igorevna, Post-Graduate Student; FSBEI HE USFEU, Yekaterinburg; 620100, Yekaterinburg, 37 Sibirsky tr. St.; tel.: +7(912) 252-09-18; e-mail: shevlyakovamaria@gmail.com.

Lyudmila Ivanovna Atkina, doctor of agricultural sciences, professor, head of the landscape building chair, FSBEI HE USFEU, Yekaterinburg, 37 Sibirsky tr. St.; e-mail: Atkina@mail.ru.

УДК 502/504:597.2/.5(251)(470.620)

О.А. БОЛКУНОВ, Н.Г. ПАШИНОВА, Г.А. МОСКУЛ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный университет», г. Краснодар, Российская Федерация

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РЕКИ КИРПИЛИ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Изучены биологические ресурсы (фитопланктон, зоопланктон, зообентос, макрофиты и видовой состав рыб), а также гидрохимический и гидрологический режимы водоемов бассейна реки Кирпили на современном уровне. Исследования показали, что условия для выращивания товарной рыбы в водоемах комплексного назначения, расположенных в бассейне реки Кирпили, являются удовлетворительными. Кормовые ресурсы развиваются сравнительно хорошо (биомасса фитопланктона составляет в среднем за вегетационный сезон $24,12 \pm 0,23$ г/м³, зоопланктона $-5,95 \pm 0,14$ г/м³, зообентоса – $8,38 \pm 0,13$ г/м³), но используются они в основном малоценными видами рыб (плотва, серебряный карась, густера, уклейка, красноперка и др.), дающими рыбную продукцию низкого качества. Рыбопродуктивность основной части водоемов составляет в среднем 40 кг/га. Однако потенциальные возможности водоемов гораздо выше. Так, расчеты, проведенные по имеющимся кормовым ресурсам, показали, что потенциальная естественная рыбопродуктивность водоемов составляет более 1600 кг/га. Для получения высокой рыбопродуктивности необходимо провести отлов малоценных и хищных видов рыб и после этого зарыбить водоемы ценными быстрорастущими видами рыб (карп, белый и пестрый толстолобики, белый амур, пиленгас, стерлядь, веслонос, гибриды осетровых рыб и др.). Тогда общий вылов рыбы достигнет более 6 тыс. т. В настоящее время общий вылов рыбы не превышает 240 т в год.

Река Кирпили, кормовые ресурсы, биопотенциальные возможности, потенциальная рыбопродуктивность.

Введение. Снижение вылова ценных видов рыб в Азовском море вызывает необходимость изыскать пути повышения рыбопродуктивности внутренних водоемов и более полно использовать их природный биопотенциал. К таким водоемам можно отнести группу приазовских рек (Ея, Челбас, Бейсуг, Кирпили, Понура, Албаши, Ясени и их притоки), русло которых зарегулировано и представляет собой каскад прудов-водохранилищ.

При строительстве дамб (плотин) планировалось использовать водоемы комплексно, как для орошения земель, водоснабжения промышленных и сельскохозяйственных предприятий, так и для выращивания пресноводной рыбы. Но до настоящего времени основная часть водоемов в рыбохозяйственных целях используется слабо и неэффективно. В некоторых водоемах ведется промысел местных малоценных видов рыб (серебряный

карась, плотва, красноперка, густера, окунь и др.), рыбопродуктивность колеблется от 10 до 40 кг/га [1]. Однако исследования показали, что водоемы таят в себе большие потенциальные возможности, и при их рациональном использовании рыбопродуктивность может достигнуть более 1600 кг/га.

Материал и методы исследований. Исследования проводили в 2010-2015 гг. на водоемах бассейна реки Кирпили. Всего исследовано 22 водоема, расположенных как в верхнем, так и среднем и нижнем течениях реки Кирпили и ее притоков. Собрано и обработано 356 гидробиологических проб (фитопланктон – 120, зоопланктон – 124, зообентос – 112). Кроме того, изучались макрофиты, гидрологический и гидрохимический режимы водоемов, а также видовой состав и биология основных промысловых видов рыб. Пробы отбирали в течение всего веге-

тационного периода (весной, летом, осенью). Сбор и обработку проб проводили согласно общепринятым методикам [2-5].

Результаты и их обсуждение. Река Кирпили берет свое начало в 7-8 км северо-западнее от ст. Ладожской и впадает в Кирпильский лиман, который через лиманы Рясный и Ахтарский связан с Азовским морем. Протяженность реки составляет 202 км, площадь водосборного бассейна – 2650 км² [6].

Притоками Кирпили первого порядка являются р. Кочеты (левобережный) и р. Кирпильцы (правобережный). К притокам второго порядка относятся реки Первая, Вторая и Третья Кочеты, от слияния которых образуется р. Кочеты; притоки третьего порядка – балка Коновалова, Гречаная и др. Питание рек бассейна Кирпили осуществляется за счет атмосферных осадков и грунтовых вод.

Река Кирпили и ее притоки зарегулированы и представляют собой каскад водоемов (прудов-водохранилищ) площадью от 10 до 325 га и более. Всего в бассейне реки Кирпили построено около 166 прудов-водохранилищ общей площадью 12600 га [6].

Вода водоемов бассейна реки Кирпили относится к сульфатному классу, натриевой

группе, второму типу с минерализацией 2,4-6,7 г/л, жесткостью 6,82-8,36 мг-экв/л, щелочностью 4,50-6,52 мг-экв/л. Содержание общего азота составляет 1,25-2,44 мгN/л, общего фосфора – 0,35-0,56 мгP/л, pH – 8,0-8,8, окисляемость – 7,60-13,30 мгO₂/л.

Кормовые ресурсы (фитопланктон, зоопланктон, зообентос, макрофиты) водоемов бассейна реки Кирпили развиваются сравнительно хорошо.

Анализ фитопланктона водоемов бассейна р. Кирпили показал, что в формировании его принимали участие водоросли 7 отделов: зеленые, сине-зеленые, желто-зеленые, золотистые, эвгленовые, диатомовые и пирифитовые. Зеленые водоросли представлены 3 классами: протококковые, вольвоксовые, сципиданки. Последний включает в себя представителей подотряда десмидиевых. По численности и биомассе фитопланктон различных водоемов бассейна реки Кирпили существенно не отличается. Наиболее высокая численность и соответственно биомасса отмечаются в летний период (48532,7 млн кл/м³ и 36,75 г/м³). Среднесезонная биомасса фитопланктона водоемов реки Кирпили за период исследований составляла 24,12±0,23 г/м³ (табл. 1).

Таблица 1

Численность и биомасса кормовых организмов водоемов бассейна реки Кирпили (в среднем за 2010-2015 гг.)

Группа организмов	Единица измерения	Весна	Лето	Осень	Среднегодовое значение М±m
Фитопланктон	млн кл/м ³ г/м ³	19865,9 16,44	48532,7 36,75	26835,4 18,65	31776,27±323,28 24,12±0,23
Зоопланктон	тыс. экз/м ³ г/м ³	782,76 6,24	963,54 8,37	546,82 3,12	764,44±7,42 5,95±0,14
Зообентос	экз/м ² г/м ²	464,52 3,62	972,51 10,17	965,25 11,25	804,76±9,58 8,38±0,13
Макрофиты	кг/м ²	4,83	12,14	18,13	11,74±0,97

Зоопланктонные комплексы р. Кирпили представлены коловратками, веслоногими и ветвистоусыми раками. В весенне-летнем зоопланктоне по численности преобладали коловратки и копеподы, но наиболее высокую биомассу давали кладоцеры. В летне-осеннем зоопланктоне кладоцеры занимали промежуточное значение, а основу как численности, так и биомассы составляли копеподы и коловратки. В осеннем зоопланктоне по-прежнему доминировали коловратки, а ракообразные в количественном отношении занимали подчиненное положение. Среднесезонная

биомасса зоопланктона водоемов реки Кирпили за период исследований составляла 5,95±0,14 г/м³.

Донная фауна реки Кирпили представлена в основном личинками хирономид, олигохетами, личинками водяных жуков, стрекоз, поденок, ручейников, а также мизидами и моллюсками. Остаточная биомасса мягкого зообентоса колеблется от 11,25 до 3,62 г/м², составляя в среднем за период исследований 8,38±0,13 г/м².

Макрофиты водоемов, расположенных на реке Кирпили, представлены 19 видами. Основной фон растительности дает трост-

ник, окаймляя берега, реже встречается в виде островов, разбросанных по акватории водоемов. Помимо тростника, из жесткой растительности распространены камыш прибрежный, рогоз узколистный и др. Мягкая подводная растительность (уруть колосистая, гречиха земноводная, рдест пронзеннолистный, курчавый, гребенчатый и др.) занимает от 35 до 60% акватории водоемов. Биомасса макрофитов колеблется от 18,13 осенью до 4,83 кг/м² весной, составляя в среднем за вегетационный сезон $11,74 \pm 0,97$ кг/м².

Ихтиофауна реки Кирпили насчитывает 41 таксон, обитающих как в русловых водоемах, так и в нижнем течении реки до первой плотины, а также в зарыбленных водоемах, используемых фермерами и предпринимателями для выращивания товарной рыбы и рыбопосадочного материала.

Наиболее разнообразно в видовом отношении представлено семейство карповых, которое включает в себя от 20 до 23 видов, остальные семейства – от 1 до 6 видов. Самыми массовыми по численности являются красноперка, плотва, серебряный карась, уклейка, верховка, окунь. Из ценных промысловых видов встречаются сазан, лещ, а в зарыбленных водоемах – карп, белый амур, белый и пестрый толстолобики. В некоторых водоемах фермеры и индивидуальные предприниматели выращивают совместно с карпом и растительноядными рыбами веслоноса, стерлядь, гибридов осетровых рыб и др. [7].

Из 166 существующих прудов-водохранилищ в бассейне реки Кирпили (общей площадью 12600 га) в рыбохозяйственных целях используются 68 водоемов площадью 6600 га, общий вылов рыбы колеблется по годам, в зависимости от качества и количества применяемых рыбоводно-мелиоративных мероприятий (кормление карпа, зарыбление качественным рыбопосадочным материалом, частичное удобрение прудов и др.), от 1650 до 8200 т. Остальные водоемы (98 шт. общей площадью 6000 га) в рыбохозяйственном отношении используются слабо. В некоторых водоемах ведется промысел местных малоценных видов рыб (серебряный карась, плотва, красноперка, густера, окунь и др.). Рыбопродуктивность в среднем составляет не более 40 кг/га, а общий годовой вылов не превышает 240 т.

Исследования показали, что гидрологический, гидрохимический режимы и кор-

мовые ресурсы в целом благоприятны для выращивания ценных быстрорастущих видов рыб. Кормовая база используется местными малоценными видами рыб достаточно полно; слабо используются фитопланктон, детрит и высшая водная растительность из-за малой численности детритофагов и фитофагов.

Как известно, выход рыбопродукции определяется не остаточной биомассой кормовых организмов, а величиной их годовой (сезонной) продукции. Для определения продукции кормовых организмов мы воспользовались имеющимися в источниках литературы Р/В-коэффициентами, которые варьируют для фитопланктона – от 40 до 350, для зоопланктона – от 4,1 до 45, для мягкого зообентоса – от 5 до 10 [8-13]. При определении потенциальной рыбопродуктивности водоемов бассейна реки Кирпили мы для большей достоверности расчетов приняли следующие Р/В-коэффициенты: для фитопланктона – 80, для зоопланктона – 20, для зообентоса – 6, для макрофитов – 1,1.

Полученные данные по продукции фитопланктона, зоопланктона и зообентоса являются ориентировочными, однако на их основе можно подойти к непосредственному определению потенциальной рыбопродуктивности водоемов (табл. 2).

При определении возможной рыбной продукции и возможного вылова по кормовой базе многие исследователи исходили из величины годовой продукции планктона и бентоса, устанавливали, какую часть продукции кормовых организмов съедают рыбы, используя кормовой коэффициент планктона и бентоса, непосредственно рассчитывали величину годового прироста ихтиомассы. Такой метод определения возможного вылова рыбы по кормовым ресурсам в озерах, лиманах, водохранилищах и прудах применяли многие авторы [8-11].

Учитывая, что рыбы используют кормовую базу в самой различной степени, в зависимости от ряда причин, связанных как с качеством потребителя (вид, возраст, поисковая способность, физиологическое состояние и др.), так и с кормовыми условиями (доступностью корма, температурой воды, освещенностью, распределением корма и др.), мы допускаем возможность использования рыбами 50% продукции фитопланктона, 60% – зоопланктона, 50% – зообентоса, 20% продукции макрофитов.

Потенциальная рыбопродуктивность водоемов реки Кирпили

Показатели	Группа организмов				
	Фитопланктон	Зоопланктон	Зообентос	Макрофиты	Всего
Остаточная биомасса, кг/га	434,16	107,10	83,80	117400	
Р/В-коэффициент	80	20	6	1,1	
Продукция, кг/га	34732,80	2142,00	502,80	129140	
Использование продукции, %	50	60	50	20	
Кормовой коэффициент, ед.	19	10	6	50	
Потенциальная рыбопродуктивность, кг/га	914,02	128,52	41,90	516,56	1601

Расчеты, проведенные по имеющимся кормовым ресурсам, показывают, что за счет естественных кормов можно получить в среднем с каждого гектара водной площади по 1600 кг рыбной продукции.

В настоящее время все водоемы (98 шт. общей площадью 6000 га) не могут быть использованы для пастбищного рыбоводства, так как часть из них (46 шт. общей площадью около 2000 га) нуждается в серьезных мелиоративных работах (расчистка ложа от ила, вскрытие родников, увеличение глубины, удаление излишней водной растительности и др.). Но более половины из них (52 шт. общей площадью 4000 га) вполне пригодны для выращивания товарной рыбы по пастбищному типу. Для этого необходимо провести мелиоративный отлов малоценных и хищных видов рыб, и только после этого – приступить к направленному формированию промысловой ихтиофауны водоемов путем зарыбления их ценными быстрорастущими видами рыб.

Зарыбление следует проводить годовиками (карап, белый и пестрый толстолобик, белый амур и добавочные: черный амур, пиленгас, бестер, веслонос и др.) индивидуальной массой не ниже 25...30 г из расчета 100 экз/га карпа, 1400 экз/га белого толстолобика, 200 экз/га пестрого толстолобика, 500 экз/га белого амура. На втором году, по достижении рыбами индивидуальной массы более 1,0...1,2 кг и при выходе от посадки карпа 50%, растительноядных рыб – 65%, рыбопродуктивность по карпу составит 50 кг/га, по белому толстолобику – 910 кг/га, по пестрому толстолобику – 130 кг/га, по белому амуру – 390 кг/га. Кроме того, за счет добавочных рыб можно будет получать по 20...30 кг/га высококачественной рыбной продукции. В общей сложности естественная рыбопродуктивность достигнет более 1500 кг/га, что вполне соответствует расчетной потенциальной, а общий вылов составит

более 6000 т. В настоящее время общий вылов не превышает 240 т серебряного карася, плотвы, густеры, окуня и других малоценных видов рыб.

Заключение

Таким образом, исследования показали, что основная часть водоемов комплексного назначения бассейна реки Кирпили вполне пригодна для выращивания товарной рыбы по пастбищному типу. При ежегодном зарыблении их ценными быстрорастущими видами рыб естественная рыбопродуктивность может достигнуть более 1500 кг/га.

Библиографический список

1. Москул Г.А., Скляр В.Я., Пашинова Н.Г., Болкунов О.А. Рыбохозяйственное освоение и способы повышения рыбопродуктивности рек Азово-Кубанской равнины // Рыбное хозяйство. 2013. № 2. С. 79-83.
2. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Фитопланктон и его продукция / Ред. Г.Г. Винберг, Г.М. Лаврентьева. Л.: ГосНИОРХ; ЗИН, 1981. 32 с.
3. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция / Ред. Г.Г. Винберг, Г.М. Лаврентьева. Л.: ГосНИОРХ; ЗИН, 1983. 51 с.
4. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция / Ред. Г.Г. Винберг, Г.М. Лаврентьева. Л.: ГосНИОРХ; ЗИН, 1984. 33 с.
5. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
6. Борисов В.И. Реки Кубани. Краснодар, 2005. 120 с.

7. Болкунов О.А., Пашинова Н.Г., Москул Г.А. Биоразнообразие ихтиофауны рек Азово-кубанской равнины // Естественные и технические науки. 2015. № 4. С. 48-54.

8. Лапицкий И.И. Направленное формирование ихтиофауны и управление численностью популяций рыб в Цимлянском водохранилище / Труды Волгоградского отделения ГосНИОРХ. Т. 4. Волгоград: ГосНИОРХ, 1970. 280 с.

9. Абаев Ю.И. Биологическое обоснование реконструкции ихтиофауны Шапсугского и Шенджийского водохранилищ Краснодарского края: Автореф. канд. дис. М.: ВНИРО, 1971. 24 с.

10. Абаев Ю.И. Товарное рыбоводство на внутренних водоемах. М., 1980. 110 с.

11. Москул Г.А. Рыбохозяйственное освоение Краснодарского водохранилища. СПб.: ГосНИОРХ, 1994. 136 с.

12. Цееб Я.Я. Кормовые ресурсы Каховского водохранилища / Вопросы ихтиологии. 1966. Т. 6. Вып. 2 (39). С. 1518-1531.

13. Ярошенко М.Ф., Набережный А.И. О биологической продуктивности кормовой гидрофауны в прудах для карпов. Кишинев:

Изв. Молд. филиала АН СССР, 1955. № 6. С. 53-56.

Материал поступил в редакцию 24.03.2017 г.

Сведения об авторах

Болкунов Олег Анатольевич, аспирант кафедры водных биоресурсов и аквакультуры Кубанского государственного университета, 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149; тел.: 8 (928)41-03-059; e-mail: oleg.bolkunow@mail.ru.

Пашинова Наталья Георгиевна, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры Кубанского государственного университета, 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149; тел.: 8(918) 483-16-31; e-mail: pashinova@bk.ru.

Москул Георгий Алексеевич, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры водных биоресурсов и аквакультуры Кубанского государственного университета, 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149; тел.: 8(918) 446-94-69; e-mail: gmoskul@bk.ru.

O.A. BOLKUNOV, N.G. PASHINOVA, G.A. MOSCUL

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State University», Krasnodar, Russian Federation

THE CURRENT STATE OF BIOLOGICAL RESOURCES OF THE KIRPILI RIVER AND THEIR EFFICIENT USE

*The biological resources (phytoplankton, zooplankton, zoo benthos, macrophytes and fish species varieties) are researched as well as hydro chemical and hydrological modes of the ponds included into the Kirpili river basin. The researches proved the availability of satisfactory conditions for cultivation of marketable fish in the ponds located in the Kirpili river basin. Feeding resources develop relatively well (during the vegetation season phytoplankton biomass reaches in average $24.12 \pm 0.23 \text{ g/m}^3$, zooplankton – $5.95 \pm 0.14 \text{ g/m}^3$, zoo benthos – $8.38 \pm 0.13 \text{ g/m}^2$), but most of these feed supplies are consumed by fish of low value (roach, silver Prussian carp, silver bream, alburnus, rudd and others) yielding fish products of low quality. Fish productivity of the main part of ponds in average is 40 kg/ha. However the potential yielding capacities of the ponds are much higher. So the calculations of available feed supplies showed that the potential natural fish yielding capacity of the lakes is 1600 kg/ha. To obtain a high fish yield it is necessary to capture out invaluable and predatory species of fish and after that to stock the ponds with valuable fast-growing fish species (carp, silver grass carp (*Hypophthalmichthys molitrix*), bighead carp (*Aristichthys nobilis*), white amur (*Ctenopharyngodon idella*), red-finned mullet (*Liza haematocheilus*), sterlet (*Acipenser ruthenus*), duckbill (*Polyodon spathula*), sturgeon hybrids and others). The total capture of fish shall reach more than 6 thousand tons. Currently, the total capture of fish does not exceed 240 tons annually.*

The Kirpili river, forage resources, biopotential possibilities, potential fish capacity.

References

1. Moskul G.A., Sklyarov V.Ya., Pashinova N.G., Bolkunov O.A. Rybohozyajstvennoe osvoenie i sposoby povysheniya rybopro-

duktivnosti rek Azovo- Kubanskoj ravniny // Rybnoe hozyajstvo. 2013. № 2. S. 79-83.

2. Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri hydrobiologicheskikh

issledovaniyah na presnovodnyh vodoyemah. Fitoplankton i ego produktsiya / Red. G.G. Vinberg, G.M. Lavrentjeva. L.: GosNIO RH; ZIN, 1981. 32 s.

3. Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri hydrobiologicheskikh issledovaniyah na presnovodnyh vodoyemah. Zoobentos i ego produktsiya / Red. G.G. Vinberg, G.M. Lavrentjeva. L.: GosNIO RH; ZIN, 1981. 51 s.

4. Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri hydrobiologicheskikh issledovaniyah na presnovodnyh vodoyemah. Zooplankton i ego produktsiya / Red. G.G. Vinberg, G.M. Lavrentjeva. L.: GosNIO RH; ZIN, 1984. 33 s.

5. **Pravdin I.F.** Rukovodstvo po izucheniyu ryb. M.: Pishchevaya promyshlennostj, 1966. 376 s.

6. **Borisov V.I.** Reki Kubani. Krasnodar, 2005. 120 s.

7. **Bolkunov O.A., Pashinova N.G., Moskul G.A.** Bioraznoobrazie ihtiofauny rek Azovo-kubanskoj ravniny // Estestvennye i tehicheskie nauki. 2015. № 4. S. 48-54.

8. **Lapitsky I.I.** Napravlennoe formirovanie ihtiofauny i upravlenie chislennostjyu populyatsij ryb v Tsinmlyanskom vodohranilishche / Trudy Volgogradskogo otdeleniya GosNIO RH. T. 4. Volgograd: GosNIO RH, 1970. 280 s.

9. **Abaev Yu.I.** Biologicheskoe obosnovanie reconstructsii ihtiofauny Shapsugskogo i Weindzijskogo vodohranilishch Krasnodarskogo kraja: Avtoref. cand. dis. M.: VNIRO, 1971. 24 s.

10. **Abaev Yu.I.** Tovarnoe rybovodstvo na vnutrennih vodoemah. M., 1980. 110 s.

11. **Moskul G.A.** Rybohozyajstvennoe osvoenie Krasnodarskogo vodohranilishcha. SPb.: GosNIO RH, 1994. 136 s.

12. **Tseeb Ya.Ya.** Kormovye resursy Kavhovskogo vodohranilishcha / Voprosy ihtologii. 1966. T. 6. Vyp. 2 (39). S. 1518-1531.

13. **Yaroshenko M.F., Naberezhny A.I.** O biologicheskoy productivnosti kormovoj hydrofauny v prudah dlya karpov. Kishinev: Izv. Mold. Filial AN SSSR, 1955. № 6. S. 53-56.

The material was received at the editorial office
24.03.2017

Information about the authors

Bolkunov Oleg Anatoljevich, post graduate student of the chair of water bioresources and aquaculture of the Kuban state university, 350040, Krasnodar, ul. Stavropoljskaya, 149; tel.: 8 (928)41-03-059; e-mail: oleg.bolkunow@mail.ru.

Pashinova Natalya Georgievna, candidate of biological sciences, associate professor of the chair of water bioresources and aquaculture of the Kuban state university, 350040, Krasnodar, ul. Stavropoljskaya, 149; tel.: 8(918) 483-16-31; e-mail: pashinova@bk.ru.

Moskul George Alexeevich, doctor of biological sciences, professor of the chair of water bioresources and aquaculture of the Kuban state university, 350040, Krasnodar, ul. Stavropoljskaya, 149; tel.: 8(918) 446-94-69; e-mail: gmoskul@bk.ru.

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 соответствии с действующими государственными стандартами.

18. Статья должна обязательно содержать **вывод(ы)** (заголовок: шрифт 14 пт, начер-

тание 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/>

ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО

4' 2017

Ответственный за выпуск – *Н.Я. Филатова*

Редактор – *В.И. Марковская*

Переводчик – *Н.М. Логачева*

Верстальщик – *А.С. Лаврова*

Подписано в печать 20.09.2017
Формат 60×84/8¹/₈
Шрифт SchoolBook
Усл.-печ. л.
Бумага офсетная
Печать цифровая
Тираж 750 экз.
Заказ №
Цена подписная

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