

ISSN 1997-6011

ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО

Научно-практический журнал

PRIRODOOBUSTROJSTVO

Theoretical-practical journal

3' 2016

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

3' 2016

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

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

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

Главный редактор выпуска
М. С. Зверьков

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. Евграфов, доктор технических наук, профессор

В. Я. Жарницкий, доктор технических наук

И. Ю. Залысин, доктор политических наук, профессор

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

Н. П. Карпенко, доктор технических наук

И. П. Свинцов, академик РАН

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

Н. В. Ханов, доктор технических наук, профессор

В. В. Шабанов, доктор технических наук, профессор

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

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

Цена одного номера – 220 р.

Индекс журнала в Объединенном каталоге «Пресса России» – 80746

**УДК 502/504
ББК 20.1**

© ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, 2016

**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

3' 2016

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

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

Reviewers:

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

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

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

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

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

*V. N. Krasnoshchekov,
doctor of economics*

*A. M. Margolin,
doctor of economics*

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

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

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

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

Edito-in-chief of the issue

M. S. Zverkov

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

The authors of are responsible
for validity of the information.

ISSN 1997-6011

Editorial council:

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

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

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

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

V. YA. Zhartnitsky, doctor of technical sciences

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

*G. Kh. 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 one issue – 220 r.

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

**UDC 502/504
BBC 20.1**

© Russian Timiryazev State Agrarian University, 2016

Содержание

Александр Иванович Голованову 80 лет	6
05.23.00 Строительство и архитектура	
Аверьянов В. Н., Борткевич В. С.	
О способах снижения порового давления в глинистых ядрах каменно-земляных плотин	8
Али М. С., Бегляров Д. С., Лентяева Е. А., Апресян Д. Ш.	
Особенности переходных процессов в насосных станциях с водовыпусками сифонного типа	16
Банщикова Л. С., Банщиков А. А., Соболев М. В., Хвалев С. В.	
Ледовый режим рек Пестовского района Новгородской области	20
Гуруев М. А., Амаева М. М.	
Исследование современных тенденций морфодинамических характеристик пойменно-русловых комплексов дельты реки Самур	26
Жарницкий В. Я., Андреев Е. В., Баюк О. А.	
Многофакторное моделирование прогноза оценки надежности гидротехнических сооружений с использованием массива статистических данных	32
Клѣпов В. И., Рагулина И. В.	
Соотношение составляющих водохозяйственного баланса в бассейне реки Москвы	39
Козлов Д. В., Матвеев Ф. В.	
Современные аспекты государственного регулирования безопасности гидротехнических сооружений	45
Мустафин Р. Ф., Абдрахманов Р. Ф., Батанов Б. Н.	
Роль водоемов Башкирского Зауралья и их использование в отраслях производственной сферы	51
Марголин А. М., Марголина Е. В.	
Особенности оценки эколого-экономической эффективности инвестиционных проектов.....	57
Раткович Л. Д., Маркин В. Н., Глазунова И. В., Соколова С. А.	
Факторы влияния диффузного загрязнения на водные объекты.....	64
Фартуков В. А., Земляникова М. В.	
Инновационная система гидродинамических исследований водного потока.....	75
Микерего Эммануэль	
Оценка влияния кирпичных стен из местных материалов заполнения на перемещения монолитных каркасных зданий Республики Бурунди.....	79
06.01.00 Агрономия	
Васильев С. А.	
Методика проектирования компенсационных мелиоративных мероприятий с применением гидродинамической характеристики водного потока на склоновом агроландшафте	84
Добрачев Ю. П., Соколов А. Л.	
Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности.....	90
Карпенко Н. П.	
Основные пути повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения	97
Шабанов В. В., Солощенко А. Д.	
Дифференциация типов увлажнения по катене для рационального размещения сельскохозяйственных культур и планирования мелиоративных воздействий	104
Шуравилин А. В., Поддубский А. А., Сурикова Н. В.	
Прогноз продуктивных запасов влаги в почве и относительной урожайности картофеля для условий города Москвы и пригорода	110
06.03.00 Лесное хозяйство	
Шевлякова М. И.	
К истории создания объектов ландшафтной архитектуры поселка Ильинский (Пермский край)	118
06.04.00 Рыбное хозяйство	
Жигин А. В., Терентьев П. В.	
Выбор водоема для организации рыбоводно-рыболовного рекреационного хозяйства.....	123
Перечень требований и условий представления статей для публикации в журнале	130

Contents

Alexander Ivanovich Golovanov is 80 years old.....	6
05.23.00 Building and architecture	
Averjyanov V. N., Bortkevich V. S.	
About methods of pore pressure decreasing in clay cores of earth-and-rockfill dams	8
Ali M. S., Beglyarov D. S., Lentyaeva E. L. , Apresyan D. Sh.	
Features of transitional processes in pumping stations with siphon outlets.....	16
Banshchikova L. S., Banshchikov A. A., Sobolev M. V., Khvalev S. V.	
The ice condition of rivers of the Pestovsky region of the Novgorod area	20
Guruev M. A., Amaeva M. M.	
Investigation of current morphodynamic characteristics of floodplain-channel complexes of the Samur river delta	26
Zharnitsky V. Ya., Andreev E. V., Bayuk O. A.	
Multiple-factor modeling of the forecast of reliability assessment of hydraulic structures using data array.....	32
Klepov V. I., Ragulina I. V.	
Ratio of components of the water economic balance in the basin of the Moscow river	39
Kozlov D. V., Matveenkova F. V.	
Modern aspects of state regulation of hydraulic structures safety	45
Mustafin R. F., Abdrakhmanov R. F., Batanov B. N.	
The role of water reservoirs of the Trans-Urals and their usage in the fields of industrial sphere.....	51
Margolin A. M., Margolina E. V.	
Features of assessment of ecological-economic efficiency of investment projects.....	57
Ratkovich L. D., Markin V. N., Glazunova I. V., Sokolova S. A.	
Factors of influence of diffuse pollution on water bodies.....	64
Fartukov V. A., Zemlyannikova M. V.	
Innovation system of hydrodynamic investigations of water flow	75
Mikerego Emmanuel	
Assessment of the influence of brick walls of local filling materials on movements of monolithic framed buildings of the Republic of Burundi	79
06.01.00 Agronomy	
Vasiljev S. A.	
Method of designing compensation land reclamation measures using hydrodynamic characteristics of water flow on the sloping agro landscape.....	84
Dobrachev Yu. P., Sokolov A. L.	
Models of plants growth and development and task of raising crops productivity.....	90
Karpenko N. P.	
Main ways of improving environmental safety of functioning of irrigation systems of a new generation.....	97
Shabanov V. V., Soloshenkov A. D.	
Differentiation of moistening types on the catena for the rational placing of agricultural crops and planning of reclamation actions	104
Shuravilin A. V., Poddubsky A. A., Surikova N. V.	
Forecast of moisture productive reserves in soil and relative potato production for the conditions of Moscow and suburbs.....	110
06.03.00 Forestry	
Shevlyakova M. I.	
To the history of establishment of objects of landscape architecture of the village Iljynsky (The Perm territory)	118
06.04.00 Fishery	
Zhigin A. V., Terentjev P. V.	
Choice of a pond for arrangement of a fish breeding and fishing recreation economy.....	123
List of requirements and conditions of articles submission for publication in the journal.....	130

АЛЕКСАНДРУ ИВАНОВИЧУ ГОЛОВАНОВУ 80 ЛЕТ

Голованов Александр Иванович родился 30 сентября в г. Мелитополе. В 1955 году окончил с отличием Мелитопольский гидромелиоративный техникум, а в 1960 году – с отличием Московский институт водного хозяйства имени В. Р. Вильямса. С 1960 по 1964 гг. работал на Мецкерской зональной опытно-мелиоративной станции младшим научным сотрудником и заместителем директора по научной работе. С 1964 года работал в Московском гидромелиоративном институте (Московском государственном университете природообустройства) научным сотрудником, доцентом кафедры сельскохозяйственных мелиорации, заведующим кафедрой мелиоративного почвоведения и земледелия, деканом гидромелиоративного факультета, с 1979 по 1990 гг. – ректором института, заведующим кафедрой мелиорации и рекультивации земель. В настоящее время работает главным научным сотрудником Института природообустройства имени А. Н. Костякова Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева.

Голованов А. И. является видным ученым в области мелиорации и рекультивации земель, известным в стране и за рубежом своими фундаментальными трудами по проблемам комплексных мелиорации, прогнозированию и регулированию водного, солевого и теплового режимов мелиорируемых земель в различных природных зонах. Им обстоятельно исследованы особенности осушения пойменных болот, формирование водного и солевого балансов орошаемых земель, предложены оригинальные способы прогноза и расчета дренажей разного вида. Существенным вкладом в мелиоративную науку являются его исследования сложных процессов взаимодействия между почвенными и грунтовыми водами, основанные на теории влагопереноса в ненасыщенных пористых средах, обладающих стохастической неоднородностью. Александр Иванович является автором моделей влаго-солепереноса, широко используемых в настоящее время для решения важных практических задач. Он впервые теоретически исследовал влияние пространственной неоднородности почв на формирование водного и солевого режимов,

что позволяет обосновывать объемы и точность изысканий и выбирать расчетные значения параметров. Им предложено понятие «мелиоративный режим земель», которое принято в мелиоративной науке.

В последние годы он интенсивно развивает геосистемный (ландшафтный) подход при мелиорации и рекультивации земель, очистке их от загрязнения. По его инициативе в университете развернуты исследования по очистке земель, загрязненных тяжелыми металлами, нефтепродуктами, нитратами, им получен патент на новый способ очистки почв и подземных вод от нефтепродуктов. А. И. Голованов выдвинул новую идею создания постоянно действующих инженерно-экологических систем на сильно загрязненных землях, которая реализована при подготовке мероприятий по выводу территорий из состояния чрезвычайной экологической ситуации.

Голованов Александр Иванович создал научную школу, для которой характерен глубокий теоретический анализ природных процессов и детальная проработка практических приемов мелиорации и рекультивации земель. Им подготовлено 29 кандидатов и 8 докторов технических наук. В настоящее время он продолжает руководить работой докторантов и аспирантов.

Научные разработки Александра Ивановича вошли во многие нормативные акты, широко используются в практике проектирования. Им лично выполнены обстоятельные прогнозы для ряда крупных мелиоративных объектов: Канибадамского, Келесского, Кызылординского, Тогускентского массивов орошения, на Котельниковской, Владимирской оросительных системах, на землях Волго-Ахтубинской и Сухонской пойм.

Александр Иванович активно участвует в международном сотрудничестве. В 1968 году прошел 10-ти месячную стажировку в Нидерландах, в 1972 году читал лекции в Финляндии, в 1977 г. полгода читал лекции и руководил аспирантами в Мексиканском сельскохозяйственном университете



(Чапинго), где подготовил двух кандидатов наук, работал экспертом в Иране, в 1997 году читал лекции в Сирии, участвовал в работе ряда международных конгрессов (Турция, Италия, Франция), неоднократно выезжал за рубеж для оказания помощи в развитии мелиоративного образования (Алжир, Куба, Мексика, Болгария). А. И. Голованов опубликовал 10 научных трудов в зарубежных изданиях, подготовил 7 кандидатов наук для стран Азии, Африки, Латинской Америки.

Интенсивную научную работу А. И. Голованов сочетает с большой преподавательской и учебно-методической работой, на высоком уровне читает лекции, ведет дипломное проектирование, руководит бакалаврами и магистрантами. Вместе с коллективом кафедры написал и издал полный комплект учебных пособий: практикум по курсовому и дипломному проектированию, пособие для ФПК, лабораторный практикум, ряд методических пособий, написал новые учебники «Ландшафтоведение», «Рекультивация нарушенных земель», «Природообустройство», «Мелиорация земель», которые выдержали два издания, разработал комплекс программ для математического моделирования процессов при мелиорации и рекультивации земель.

В период руководства кафедрой мелиоративного почвоведения и земледелия он создал значительно обновленные курсы, насыщенные новейшими подходами к количественному описанию почвенных процессов при мелиорации, был автором и научным редактором двух новых учебников: «Мелиоративное почвоведение» и «Мелиоративное земледелие», создал современную лабораторную базу и научные стационары.

Им предложено новое направление в подготовке инженерных кадров – природообустройство, методически объединившее мелиорацию, рекультивацию и охрану земель. Александр Иванович был инициатором и создателем Учебно-методического объединения (УМО) по этому направлению, в котором сейчас сотрудничает 50 вузов России. В рамках УМО А. И. Голованов много сделал для совершенствования учебного процесса, государственных образовательных стандартов, программ, учебных планов, инициировал создание новых специальностей.

А. И. Голованов участвовал в организации подготовки военных инженеров-экологов, издал соавторами учебник «Военная экология» для курсантов ВУЗов Минобороны РФ.

Александр Иванович является автором 244 печатных трудов, в том числе опубликованных научных 160, учебно-методических – 45, отчетов по НИР – 25, учебников в центральных изданиях – 14.

А. И. Голованов долгие годы был связан с производством, участвовал в подготовке важных нормативных документов для гидромелиоративного строительства, был экспертом по ряду проектов крупнейших мелиоративных систем в Госплане СССР, Госстрое СССР, Минводхозе СССР, Минсельхозе СССР, Минводхозе РСФСР, Минэкологии РФ, возглавлял ряд комиссий ГКНТ СССР и Госплана СССР по крупным проблемам, активно участвовал в работе Бюро Отделения гидротехники и мелиорации ВАСХНИЛ, в котором возглавлял секцию. В течение 6-ти лет был членом пленума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки РФ (ВАК РФ) и председателем экспертного совета по инженерным агропромышленным специальностям ВАК РФ, был членом Экспертной группы Комитета по Ленинским и Государственным премиям.

А. И. Голованов является членом редколлегии журналов «Мелиорация и водное хозяйство» и «Природообустройство», возглавлял секцию Научно-технического общества. В течение 32-х лет был председателем докторского диссертационного совета и членом кандидатского совета при Московском государственном университете природообустройства. Александр Иванович постоянно участвует в международных, всероссийских, отраслевых конференциях, съездах, является членом Международной ассоциации по гидравлическим исследованиям, членом Международной комиссии по ирригации и дренажу; избран действительным членом Академии водохозяйственных наук, академиком Академии сельскохозяйственного образования.

За успехи в подготовке инженерных и научных кадров, значительный вклад в сельскохозяйственную науку А. И. Голованов награжден орденом «Знак Почета», 4-мя медалями, 9-ю медалями ВДНХ и ВВЦ РФ, в 2000 г. ему присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации», имеет почетные грамоты МСХ РФ.

Коллектив Университета поздравляет Александра Ивановича с юбилеем и желает ему здоровья и дальнейших творческих успехов в педагогической и научной деятельности!

УДК 502/504:627.82

В. Н. АВЕРЬЯНОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва
Акционерное общество «Проектно-изыскательское научно-исследовательское бюро «ГИТЕСТ», г. Москва

В. С. БОРТКЕВИЧ

Акционерное общество «Проектно-изыскательское научно-исследовательское бюро «ГИТЕСТ», г. Москва

О СПОСОБАХ СНИЖЕНИЯ ПОРОВОГО ДАВЛЕНИЯ В ГЛИНИСТЫХ ЯДРАХ КАМЕННО-ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН

С целью улучшения качества строительства рассмотрены предлагаемые разными авторами конструктивные способы снижения порового давления в глинистых ядрах каменно-земляных плотин. Показано, что устройство дренажей и других конструкций в глинистых ядрах осложняет фильтрационный режим сооружения, поэтому эти способы не находят широкого применения в гидротехническом строительстве. Снижение порового давления может быть достигнуто путем регулирования физико-механических и фильтрационных свойств глинистого грунта, укладываемого в ядро плотины. В хорошо уплотненном грунте твердой, полутвердой и тугопластичной консистенции образуются структурные связи, воспринимающие на себя часть внешнего давления при передаче его на поровую воду. Наибольшие возможности для достижения поставленной цели возникают при возведении ядра плотины из скелетно-глинистых грунтов с высокой плотностью мелкозема. Возможность варьирования гранулометрическим составом, сжимаемостью и коэффициентом фильтрации скелетно-глинистых грунтов, а также способность к самозалечиванию трещин делают их наиболее надежным средством для снижения порового давления и ускорения консолидации ядра в процессе строительства высоких каменно-земляных плотин. Рекомендуется при изысканиях для обоснования проектов каменно-земляных плотин уделять внимание поиску месторождений скелетно-глинистых грунтов и возможности получения таких грунтов путем создания искусственных смесей.

Каменно-земляная плотина, ядро плотины, скальное основание, поровое давление, глинистый грунт, консистенция грунта, скелетно-глинистый грунт, дренаж, мелкозем, коэффициент фильтрации, фильтрационный режим, скважина, сейсмостойкость, уплотнение, сжимающие напряжения.

Введение. Создание водохранилищ на горных реках в сложных инженерно-геологических условиях осуществляется чаще всего путем строительства высоких каменно-земляных плотин с ядром из глинистых грунтов. Задачи проектирования и строительства таких плотин требуют внимания к длительным процессам, происходящим в их теле и влияющим на качество строительства. Одним из таких процессов является возникновение при строительстве порового давления в ядрах из глинистых грунтов, характеризующихся коэффициентом фильтрации, меньшим

чем $1 \cdot 10^{-7}$ см/с. Существуют различные инженерные решения по снижению порового давления, однако практическая реализация их остается под вопросом. В связи с этим возникает необходимость исследований существующих способов снижения порового давления и выбора наиболее надежного способа с точки зрения эксплуатации плотины.

Материалы и методы исследований. Проведен научный анализ существующих инженерных решений по снижению порового давления в ядрах каменно-земляных плотин. На основе выполненного анализа

и обобщения, ранее выполненных исследований свойств глинистых грунтов, даются рекомендации по снижению порового давления путем регулирования физико-механических и фильтрационных свойств грунта, укладываемого в ядро плотины.

Практика строительства показала, что высокое поровое давление в ядре, возникающее в процессе возведения плотины

препятствует своевременной консолидации грунтов тела плотины [1]. Независимо от темпов возведения плотины в ядре формируется поровое давление в пределах 65...100 % от ρh (где ρ – плотность грунта; h – мощность толщи грунта над точкой измерения). В таблице 1 в качестве примера приведены значения давления в глинистых ядрах нескольких построенных плотин.

Таблица 1

Поровое давление в глинистых ядрах каменно-земляных плотин

Наименование плотины	Страна	Высота плотины H , м	Коэффициент фильтрации грунта ядра K_f , см/с	Максимум порового давления в % от ρh
Гепач	Австрия	153	$1 \cdot 10^{-7}$	70...100
Серр-Понсон	Франция	120	$5 \cdot 10^{-7}$	65...90
Кастилетто	Швейцария	74	$1 \cdot 10^{-8}$	100
Им. 15 Хардада	Иран	70	$5 \cdot 10^{-8}$	70...100
Расхауптен	Германия	41	$1 \cdot 10^{-8}$	100

Высокое поровое давление в ядре при строительстве и в начальный период эксплуатации наблюдалось также на Чарвакской плотине в Узбекистане ($H = 168$ м), на плотине Хаобинь во Вьетнаме ($H = 105$ м) и на других плотинах.

На Чарвакской плотине, хорошо оснащенной контрольно-измерительной аппаратурой, максимальное значение порового давления было зафиксировано в центральной части ядра и к концу строительства составило 85...90 % от ρh . Следует отметить, что такое высокое поровое давление сформировалось, несмотря на относительно низкие темпы укладки грунта в ядро плотины. Рост порового давления с нуля до 85...90 % от ρh приборы зафиксировали при укладке толщи грунта над ними до 30...40 м, далее при увеличении высоты плотины поровое давление увеличивалось пропорционально росту нагрузки от выше уложенного грунта.

Следует отметить, что измеренные в теле Чарвакской плотины вертикальные напряжения в грунте оказались несколько меньше ρh , а в боковых призмах в примыкании к ядру они настолько же больше ρh . Таким образом, имело место зависания ядра на боковых призмах и, следовательно, измеренное поровое давление относительно фактических напряжений в ядре составляло порядка 100 %. Подобная картина наблюдалась только в средней по высоте части ядра. Вблизи основания поровое давление уменьшалось за счет дрениру-

ющего эффекта скального основания. В верхней части ядра поровое давление было также меньше и составляло к концу строительства 30 % от ρh .

В общем, в глинистых ядрах каменно-земляных плотин рассеивание порового давления происходит очень медленно, что способствует формированию в теле плотины неблагоприятного напряженно-деформированного состояния, изменяющегося во времени. При высоком поровом давлении вероятная поверхность обрушения откосов плотины от сейсмических воздействий проходит через ядро, которое оказывает распорное давление на боковые призмы. По мере рассеивания порового давления могут ухудшаться условия фильтрации воды в отдельных зонах ядра и на контакте ядра с основанием плотины. В нормативном документе СП39.13330.2012 «Актуализированная редакция СНиП 2.06.05-84* «Плотины из грунтовых материалов» предусмотрены правила учета порового давления при расчетном обосновании проектов плотин.

Неравномерность осадок тела плотины вследствие консолидации ядра и изменения напряженно-деформированного состояния может вызывать образование трещин в ядре и необходимость его ремонта с досыпкой гребня плотины так, как это было, например, на плотинах Гепач в Австрии ($H = 153$ м), Эль-Инферпилю в Мексике ($H=148$ м) и др.

Чтобы ускорить рассеивание порового

давления, а значит процесс консолидации глинистого ядра и получить к моменту окончания строительства стабильные напряжения в плотине, существуют предложения по уменьшению ширины ядра и его наклону с созданием понура в нижней части или бетонной пробки для лучшего прижатия ядра к основанию [2]. Известны инженерные решения, в которых, с целью ускорения консолидации тела плотины, внутри ядра размещается дренаж, который выполняется в виде горизонтальных прослоек, не доведенных до его верхней грани или в виде порядно-

го расположения замкнутых полостей (дрен), заполненных несвязным материалом, как это показано на рисунке 1 [3, 4]. Горизонтальные дренажные прослойки, соединенные с переходной зоной между ядром и низовой боковой призмой плотины, снимают напоры воды, возникающие в глинистом грунте ядра по мере роста плотины. А замкнутые полости, заполненные несвязным материалом, снижают поровое давление за счет того, что вода из пор глинистого грунта отдавливается в поры несвязного материала, сжимая находящийся в них воздух.

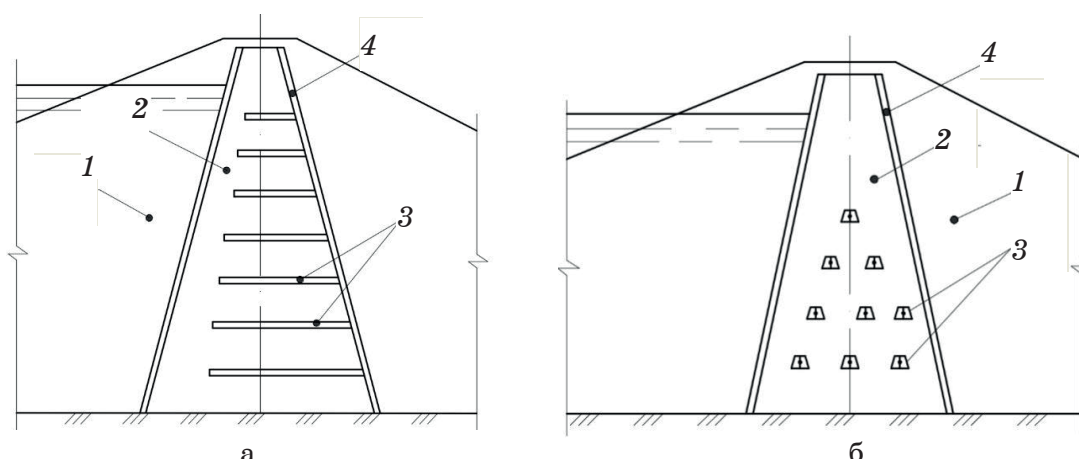


Рис. 1. Дренаж глинистого ядра каменно-земляной плотины, выполненный в виде горизонтальных прослоек (а) и в виде порядного расположения замкнутых полостей (б), заполненных несвязным материалом: 1 – боковые призмы плотины; 2 – глинистое ядро; 3 – дренаж; 4 – переходная зона

При возведении каменно-земляной плотины с ядром из глинистых грунтов повышенной относительно оптимальной влажности НИСом Гидропроекта (ныне АО «НИИЭС» РусГидро) был рассмотрен вариант устройства в ядре дренажной системы с отводом воды, отжимаемой из пор грунта. По этому варианту, основанному на изобретении по авторскому свидетельству 897923 «Плотина из местных материалов», замкнутые дренажные призмы, расположенные поярусно по высоте ядра в продольном направлении, устраивались в зонах предполагаемого развития наибольших пьезометрических напоров поровой воды [5]. Через некоторые интервалы по длине дренажные призмы сопрягались с вертикальными трубами, которые в местах пересечения с призмами имели отверстия для сбора в трубах отжатой в процессе консолидации поровой воды. Роль таких труб-водосборников выполняли трубы глубинных марок, устанавливаемых по высоте ядра.

Внутренний диаметр этих труб составлял 200 мм.

Воду из труб предполагалось удалять с помощью водоотборников, представляющих собой отрезок трубы меньшего диаметра с заглушкой в нижнем конце. Подобным способом обычно удаляется вода из открытых пьезометров для проверки их исправности. Объем отжимаемой из пор грунта воды очень мал, поэтому порционный отбор мог бы вполне обеспечить полное удаление воды из вертикальных труб при периодическом опускании водоотборников в период строительства.

Учитывая, что дренажи располагались в зоне наибольших значений порового давления, как это показано на рисунке 2, система представлялась весьма эффективной и должна была обеспечивать быстрое снижение пьезометрических напоров в ядре при строительстве плотины. Однако, при сейсмическом воздействии фильтрационная прочность ядра с такой дренажной системой могла быть уязвима.

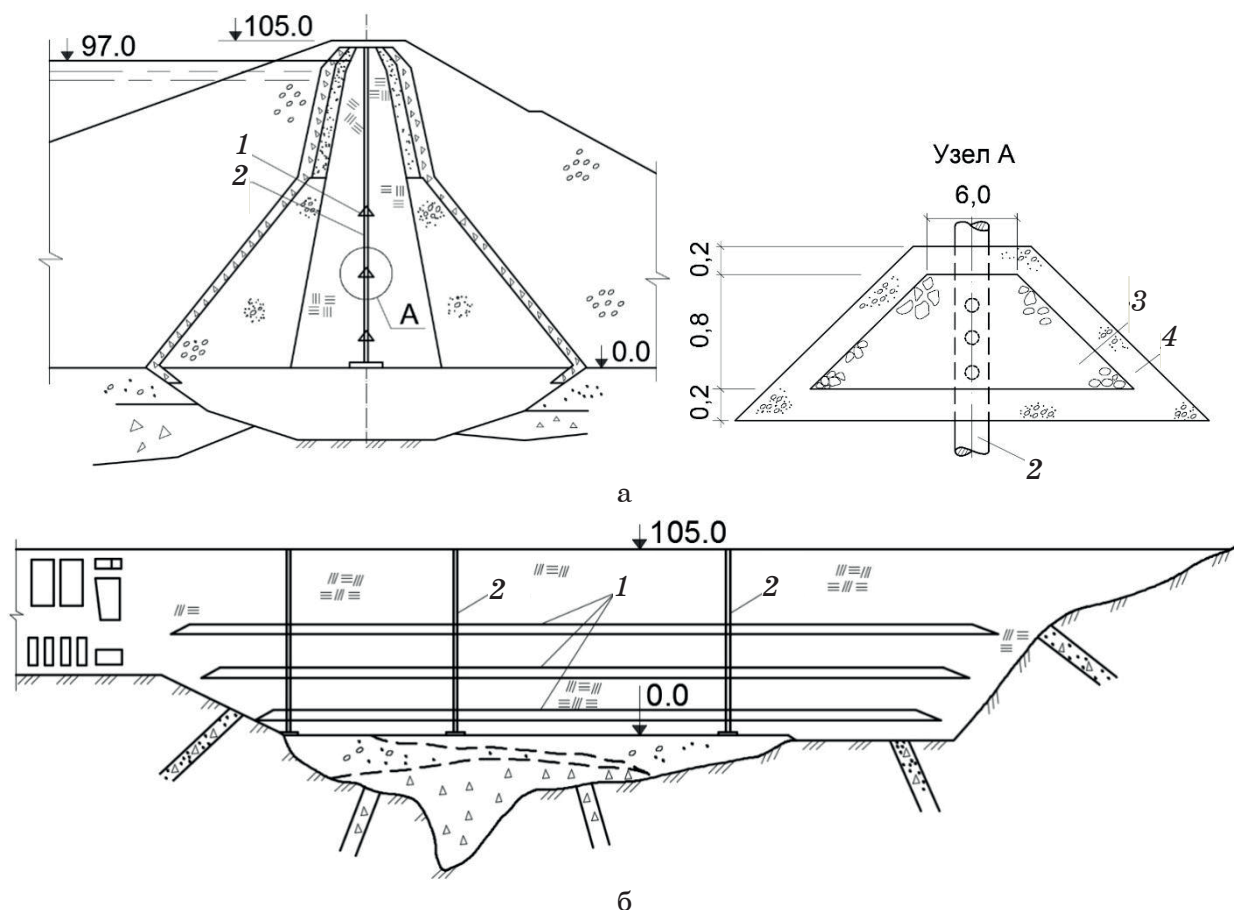


Рис. 2. Дренажная система глинистого ядра каменно-земляной плотины с отводом воды, отжимаемой из грунта: а – поперечное сечение, б – продольное сечение; 1 – дренажная призма; 2 – труба глубинной марки; 3 – горная масса; 4 – обратный фильтр

Менее уязвимой, с точки зрения сохранения фильтрационной прочности ядра при сейсмическом воздействии является конструкция плотины с глинистым ядром, в нижней части которого (по всей его длине) выполняется несколько рядов вертикальных скважин, заполненных пористым материалом, прочность которого превышает прочность глинистого грунта ядра плотины [6]. Ряды скважин располагаются параллельно продольной оси плотины, чтобы не нарушать водонепроницаемость ядра (рисунок 3). Скважины в грунте могут быть заполнены крупнопористым материалом, например, пористым бетоном, песчано-гравийным или гравийно-галечниковым грунтом и др., чтобы вода из глинистого грунта отжималась в поры этого материала, снимая избыточные напоры воды в ядре и повышая его прочность.

Заполняющий скважины материал, диаметр, шаг, глубина и расстояние между рядами скважин назначаются конструктивно или расчетом в зависимости от механических и фильтрационных свойств

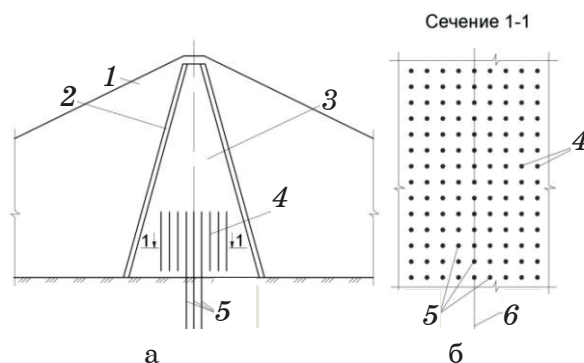


Рис. 3. Ядро каменно-земляной плотины с дренирующими скважинами: а – поперечное сечение; б – план расположения скважин (по сечению 1-1); 1 – боковые призма; 2 – переходная зона; 3 – глинистое ядро; 4 – дренирующие скважины; 5 – скважины цементации основания; 6 – продольная ось плотины

глинистого грунта и высоты плотины. Под действием нагрузки от верхней части ядра или сейсмических сил нижняя часть ядра такой плотины работает как грунтовой массив, укрепленный сваями. Роль свай выполняют скважины, заполнен-

ные материалом более прочным, чем глинистый грунт. Воспринимая на себя основную часть нагрузки, которая распределяется по сооружению пропорционально прочности слагающих его материалов, они укрепляют грунтовый массив и тем самым снижают осадки ядра и повышают сейсмостойкость плотины.

Снижение порового давления и осадок в ядре плотины, повышение его прочности и сейсмостойкости позволяют уменьшить объем строительной досыпки грунтов и вероятность образования трещин в ядре.

Конструктивные способы снижения порового давления в глинистых ядрах плотин так или иначе осложняют фильтрационный режим сооружения, поэтому не находят широкого применения в гидротехническом строительстве.

Известны приемы снижения порового давления путем укладки в ядро плотины глинистого грунта с влажностью значительно меньше оптимальной. Однако грунт, уложенный таким образом, имеет возможность, при эксплуатации сооружения, дополнительного водонасыщения. Водонасыщение грунта в отдельных случаях сопровождается неуправляемым изменением его физико-механических характеристик, увеличением деформаций разуплотнением некоторых зон ядра и может привести к непредвиденным последствиям. Такие явления вызвали необходимость ремонта каменно-земляных плотин Хиттекувей в Норвегии ($H = 94$) м и Боулдерхед в Великобритании ($H = 48$) м.

Результаты исследований. Все рассмотренные способы снижения порового давления нарушают фильтрационную однородность ядра и создают некоторую неопределенность для режима эксплуатации плотины, особенно при возможном интенсивном сейсмическом воздействии.

Более надежным способом снижения порового давления, с точки зрения эксплуатации сооружения, является регулирование физико-механических и фильтрационных свойств глинистого грунта при возведении плотины.

Снижение порового давления без нарушения фильтрационной однородности ядра можно достигнуть путем укладки в ядро плотины грунта с высокой плотностью. Высокую плотность глинистого грунта получают уплотнением механизмами с большим удельным давлением на

грунт при консистенции грунта, характеризующейся показателем текучести $I_L < 0,5$ (от твердой до тугопластичной).

В хорошо уплотненном грунте вышеуказанной консистенции образуются относительно прочные структурные связи, которые воспринимают на себя часть внешнего давления при передаче его на поровую воду.

В качестве показателя, характеризующего влияние структурных связей на процесс консолидации и на распределение давления в поровой жидкости и скелете грунта, обычно принимается коэффициент порового давления, равный отношению максимального порового давления к общему давлению, действующему в грунте. Определение коэффициента порового давления возможно на основе компрессионных испытаний грунтов.

Анализируя результаты компрессионных испытаний водонасыщенных глинистых грунтов, Ю. К. Зарецкий показал, что изменение уплотняющей нагрузки от 0 до 0,7 МПа приводит к уменьшению коэффициента порового давления от 1 до 0,05 [7]. При этом отмечено, чем менее глинистый грунт, тем сильнее проявляется эффект снижения порового давления.

Снижению порового давления и ускорению процесса консолидации в глинистом ядре плотины способствует также наличие в грунте скелета из каменистых включений различной крупности. Содержание в скелетно-глинистом грунте включений крупностью более 5 мм обычно составляет 30...60 %. Максимальная крупность – не более 2/3 толщины уплотняемого слоя. Такой гранулометрический состав грунта способствует и самозалечиванию трещин в случае их образования. Схема выбора начального состояния скелетно-глинистого грунта в теле плотины заключается в следующем. На основании сведений о местных ресурсах производится выбор строительного материала, устанавливается общая характеристика его состава и свойств, а затем выбирается консистенция глинистого мелкозема (фракции мельче 5 мм) при укладке и степень уплотнения грунта с запроектированными зерновыми и минералогическими составами, определяемая задаваемой работой. Эта задача выполняется с учетом требований к механическим и фильтрационным свойствам грунтов возводимого сооружения заданной конструкции, увязанной

с природными условиями, в которых возводится сооружение.

Изучение механических свойств скелетно-глинистого грунта в широком классе траекторий нагружения, выполненное Г. М. Ломизей, В. Г. Федоровым в МИСИ (ныне Московский государственный строительный университет) объективно показало преимущества достижения высокой плотности мелкозема в таком грунте при его твердой консистенции [8].

Для предотвращения трещин в верхнюю часть ядра высокой каменно-земляной плотины и в зону, контактирующую с бортами скального основания укладывается более пластичный грунт, с меньшим содержанием и меньшей крупностью каменных включений.

Фильтрационные исследования смеси суглинка с гравийно-галечниковым грунтом, выполненные в АО «НИИЭС» РусГидро, показали возможность варьирования величиной коэффициента фильтрации и сжимаемостью скелетно-глинистого грунта, от которых зависит степень проявления порового давления. На рисунке 4 показано изменение коэффициента фильтрации смеси суглинка с гравийно-галечниковым грунтом в зависимости от сжимающих напряжений в испытываемом образце и содержания мелкозема при одинаковой степени его начального уплотнения, установленной в соответствии с вышеизложенными требованиями к качеству скелетно-глинистых грунтов [9]. Как видно из рисунка, изменение содержания мелкозема в исследованной грунтовой смеси от 40 до 70 % сопровождается изменением коэффициента фильтрации в сотни раз. С увеличением сжимающих напряжений коэффициент фильтрации изменяется в тех же пределах, что можно объяснить повышением плотности испытываемой грунтовой смеси.

Результаты проведенных исследований скелетно-глинистых грунтов говорят о том, что, ориентируясь на ожидаемый уровень напряжений в ядре плотины, можно регулировать величину и скорость рассеивания порового давления путем подбора гранулометрического состава грунта, консистенции и плотности его мелкозема. Технология производства работ должна обеспечивать получение этих параметров начального состояния грунта при возведении сооружения.

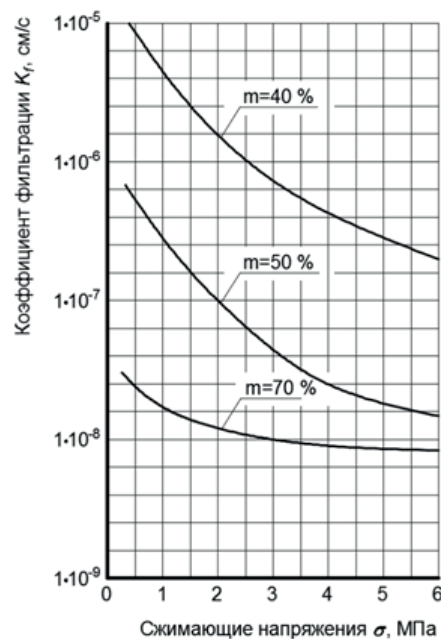


Рис. 4. Графики зависимости коэффициента фильтрации смеси суглинка с гравийно-галечниковым грунтом от сжимающих напряжений в испытываемом образце: m – содержание мелкозема (фракции мельче 5 мм) в смеси

Результаты проведенных исследований скелетно-глинистых грунтов говорят о том, что, ориентируясь на ожидаемый уровень напряжений в ядре плотины, можно регулировать величину и скорость рассеивания порового давления путем подбора гранулометрического состава грунта, консистенции и плотности его мелкозема. Технология производства работ должна обеспечивать получение этих параметров начального состояния грунта при возведении сооружения.

Скелетно-глинистые грунты были применены для возведения ядра плотины Нурекской ГЭС в Таджикистане ($H = 300$ м) и для ядра плотины ГЭС Тери в Индии ($H = 260$ м). Использование аналогичных грунтов предполагается и при возведении высотной плотины Рогунской ГЭС в Таджикистане ($H = 385$ м). Скелетно-глинистый грунт ядра этой плотины предполагается разрабатывать в конусах выноса пролювиальных отложений, что потребует всестороннего изучения его гранулометрического состава и изменчивости свойств мелкозема для обоснования начального состояния грунта и технологии укладки в тело сооружения.

Выводы

Способы снижения порового давления

путем устройства дренажей и других конструкций в глинистых ядрах каменно-земляных плотин осложняют фильтрационный режим сооружения, поэтому не находят широкого применения в гидротехническом строительстве.

Более эффективным способом снижения порового давления является регулирование физико-механических и фильтрационных свойств глинистого грунта при возведении сооружения.

Учитывая возможность варьирования гранулометрическим составом, сжимаемостью и коэффициентом фильтрации скелетно-глинистых грунтов, а также их, способность к самозалечиванию трещин, следует считать применение этих грунтов, при научном обосновании плотности и влажности мелкозема, наиболее надежным способом снижения порового давления в ядрах строящихся каменно-земляных плотин.

В процессе изыскательских работ для обоснования проектов каменно-земляных плотин необходимо уделять внимание поиску месторождений скелетно-глинистых грунтов и возможности получения таких грунтов путем создания искусственных смесей.

Библиографический список

1. **Ляпичев Ю. П.** Поровое давление консолидации в каменно-земляных плотинах // Труды института «ВОДГЕО», Гидротехника. Вып.34. – М.: «ВОДГЕО», 1972. – С. 9–18.
2. **Борткевич С. В., Одинцов А. К., Чучик Т. Н.** Влияние конструкции каменно-земляной плотины на ее напряженное состояние // Энергетическое строительство. – 1973. – № 12. – С. 48–50.
3. **Плотина из местных материалов:** А.с.644901/Б. И. Балыков, Л. В. Горелик и М.П.Павчич. – Оpubл. 1979. – Бюл. № 4. – 2с.
4. **Плотина из местных материалов:** А.с. 358463/В. Ф. Теплов. – Оpubл. 1972. – Бюл. № 34. – 2 с.

5. **Плотина из местных материалов:** А.с. 897923/В. И. Вуцель, В. И. Шербина. – Оpubл. 1982. – Бюл. № 2. – 2 с.

6. **Плотина из грунтовых материалов:** А.с. 1138451/С. В. Борткевич, А. Б. Васильев, В. И. Вуцель, С. И. Скиба. – Оpubл. 1985. – Бюл. № 5. – 2 с.

7. **Зарецкий Ю. К.** Вопросы консолидации и ползучести с учетом распределения пор грунта по величине // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1973. – № 4. В книге «Моя жизнь в журнале ОФМГ». – М.: Издательство «ЭСТ», 2005. – С. 84–93.

8. **Ломизе Г. М., Федоров В. Г.** Влияние начального состояния скелетно-глинистого грунта на его деформируемость и прочность // Гидротехническое строительство. – 1975. – № 12. – С. 19–27.

9. **Борткевич С. В., Скибин А. Н.** Исследование смеси суглинков с гравийно-галечниковым грунтом для ядра плотины Тери / Безопасность энергетических сооружений. Научно-технический и производственный сборник. Вып.16. – М.: ОАО «НИИЭС», 2007. – С. 31–44.

Материал поступил в редакцию 25.04.2016.

Сведения об авторах

Аверьянов Виталий Николаевич, соискатель степени кандидата технических наук кафедры «Организация и технология строительства объектов природообустройства»; ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева; генеральный директор Акционерного общества «Проектно-изыскательское научно-исследовательское бюро «ГИТЕСТ»; 125212, г. Москва, Ленинградское шоссе д. 43а; Тел./факс: 8 (495) 926-41-55; e-mail: 2800120@mail.ru.

Борткевич Виктор Станиславович, заместитель генерального директора Акционерного общества «Проектно-изыскательское научно-исследовательское бюро «ГИТЕСТ»; 125212, г. Москва, Ленинградское шоссе д. 43а; тел.: 8 (495) 926-41-55; e-mail: bvs@gitest.ru.

V. N. AVERJYANOV

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow
The Joint-stock company «Design, survey and research bureau «GITEST», Moscow

V. S. BORTKEVICH

The Joint-stock company «Design, survey and research bureau «GITEST», Moscow

ABOUT METHODS OF PORE PRESSURE DECREASING IN CLAY CORES OF EARTH-AND-ROCKFILL DAMS

With the purpose of improving the quality of building there are considered certain construction methods proposed by different authors for decreasing pore pressure in clay cores of earth-and-rockfill dams. It is shown that arrangement of drainages and other structures in clay cores complicates a filtration mode of the structure, therefore these methods are not widely used in hydraulic building. Reduction of pore pressure can be achieved by regulation of physical-mechanical and filtration properties of the clay soil laid into the dam core. In a well compacted soil of solid, semi-solid and tightly plastic consistency there are formed structural ties perceiving a part of external pressure when transmitting it to the pore water. The greatest opportunities for achieving the given purpose arise when constructing a dam's core of skeletal-clay soils with a high density of pit-run fines. The possibility of varying of granulometric composition, compressibility and coefficient of filtration of skeleton-clay soils as well as capability of cracks self-healing make them the most reliable method for decreasing the pore pressure and acceleration of the core consolidation in the process of construction of high earth-and-rockfill dams. It is recommended during surveying with the aim of substantiation of projects of earth-and-rockfill dams to pay attention to the search of deposits of skeleton-clay soils and possibility of obtaining such soils by means of creating artificial mixtures.

Earth-and-rockfill dam, dam core, bedrock foundation, pore pressure, clay soil, soil consistency, skeleton-clay soil, drainage, pit-run fines, coefficient of filtration, filtration mode, well, earthquake resistance, compaction, compression stress.

References

1. Lyapichev Yu. P. Porovoje davleniye konsolidatsii v kamunno-zemlyanykh plotinakh // Trudy instituta «VODGEO», Gydrotehnika. Vyp. 34. – M.: «VODGEO», 1972. – S. 9–18.
2. Bortkevich S. V., Odintsov A. K., Chuchik T. N. Vliyaniye konstruktivnykh kamunno-zemlyanoy plotiny na ee napryazhennoye sostoyaniye // Energeticheskoye stroiteljstvo. – 1973. – № 12. – S. 48–50.
3. Plotina iz mestnykh materialov: A.s. 644901/B. I. Balykov, L. V. Gorelik i M. P. Pavchich. – Opubl. 1979. – Bul. № 4. – 2s.
4. Plotina iz mestnykh materialov: A.s. 358463/V. F. Teplov. – Opubl. 1972. – Bul. № 34. – 2 s.
5. Plotina iz mestnykh materialov: A.s. 897923/V. I. Vutsel, V. I. Sherbina. – Opubl. 1982. – Bul. № 2. – 2 s.
6. Plotina iz gruntovykh materialov: A.s. 1138451/S. V. Bortkevich, A. B. Vasiljev, V. I. Vutsel, S. I. Skiba. – Opubl. 1985. – Bul. № 5. – 2 s.
7. Zaretsky Yu. K. Voprosy konsolidatsii i polzuchesti s uchedom raspredeleniya por grunta po velichine // Osnovaniya, fundamente

I mehanika gruntov. – 1973. – № 4. V knige «Moya zhiznj v zhurnale OFMG». – M.: Izdateljstvo «EST», 2005. – S. 84–93.

8. Lomize G. M., Fedorov V. G. Vliyaniye nachaljnogo sostoyaniya skeletno-glinistogo grunta na ego deformiruemostj i prochnostj // Hydrotechnicheskoye stroiteljstvo. – 1975. – № 12. – S. 19–27.

9. Bortkevich S. V., Skibin A. N. Issledovaniye smesi suglinkov s gravijno-galechnikovykh gruntom dlya yadra plotiny Teri / Bezopasnostj energeticheskikh sooruzhenij. Nauchno-tehnicheskij i proizvodstvennyj sbornik. Vyp. 16. – M.: OAO «NIIES», 2007. – S. 31–44.

Received on 25.04.2016.

Information about the authors

Averjyanov Vitaliy Nikolaevich, contender for a degree of a candidate of technical sciences of the chair «Organization and technology of construction of objects of environmental engineering»; FSBEI HE RSAU-MAA named after C. A. Timiryazev; general director of The Joint-stock company «Design, survey,

research bureau «GITEST»; 125212, Moscow, Leningradskoye shosse d. 43a; Tel./fax: 8 (495) 926-41-55; e-mail: 2800120@mail.ru.

Bortkevich Victor Stanislavovich, of

The Joint-stock company «Design, survey, research bureau «GITEST»; 125212, Moscow, Leningradskoye shosse d. 43a; Tel./fax: 8 (495) 926-41-55; e-mail: bvs@gitest.ru.

УДК 502/504:626.83:532.5

М. С. АЛИ, Д. С. БЕГЛЯРОВ

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

Е. А. ЛЕНТЯЕВА

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

Д. Ш. АПРЕСЯН

Акционерное общество «Мосинжпроект», г. Москва

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В НАСОСНЫХ СТАНЦИЯХ С ВОДОВЫПУСКАМИ СИФОННОГО ТИПА

С развитием строительства крупных насосных станций и увеличением объема работ, выполняемых насосными агрегатами в системах водоснабжения (например, работа в режиме потребителя – регулятора энергосистемы) требования к надежности работы насосных станций и отдельных ее элементов повышаются. Для крупных насосных установок при напорах более 15 м характерны здания блочного типа с совмещенном вариантом водовыпуска. В станциях с осевыми насосами и сифонными водовыпусками простота конструкции приводит к большой растянутости по времени переходных процессов и, следовательно, к значительной продолжительности переменных динамических воздействий на сооружения и оборудование, поэтому при проектировании крупных насосных станций необходимо комплексно учитывать работу напорного тракта и технологического оборудования, основываясь на расчетах переходных процессов. В статье рассматривается созданная на основе теоретического обобщения существующих методов расчета математическая модель переходных процессов. Эта модель дает возможность провести с необходимой степенью точности расчеты переходных процессов в напорных трубопроводах с крупными насосными станциями и сифонными водовыпусками, входящих в комплексы сооружений водного хозяйства и гидроэнергетики.

Насосный агрегат, напорный трубопровод, осевой насос, переходные процессы, скорость распространения ударной волны, гидроудар, сифонный водовыпуск, гидравлические потери.

Целью исследований являлась разработка основ расчетного обоснования и проектирования, исследование напорной водоподдачи для крупных насосных станций блочного типа с водовыпусками сифонного типа. Несмотря на накопленный опыт строительства и эксплуатации подобных систем, пока еще нет достаточно общих методов расчета переходных процессов, обеспечивающих повышение надежности сооружений.

Материалы и методы. Гидравлические потери в водовыпуске, определяются формой проточной части. Геометрические размеры сифонного водовыпуска и расчетная схема представлена на рисунке 1. При конструировании сифонных водовыпусков,

для крупных насосных станций необходимо использовать следующие рекомендации [1]:

- проточная часть сифонного оголовка должна иметь прямоугольное, распахнутое в плане, сечение (отношение ширины сечения к его высоте принимать в пределах 2,3...2,8);
- площадь сечения на гребне сифона должна быть равной площади напорного трубопровода (если на сифонный оголовок работает не один насос);

- высота сечения должна быть постоянной, начиная от горлового сечения до выхода, и с целью уменьшения вакуумной зоны и обеспечения быстрой зарядки сифона следует принимать равной $(0,55...0,60)D_{тр}$, тогда $b=(1,43...1,32)D_{тр}$ ($D_{тр}$ – требуемый диаметр

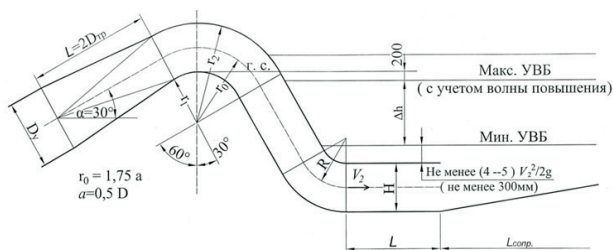


Рис. 1. Схема проточной части сифонного оголовка

сечения);

- переход от круглого сечения напорного трубопровода на прямоугольное выполнять в пределах восходящей ветви;

– относительное закругление горла сифона, исходя из безотрывного обтекания на повороте $1,75D_m$ или $3,5a$;

– с целью обеспечения зарядки сифона при назначении размеров горлового сечения следует стремиться к соотношению:

$$Q_{\min} \geq Q_{\text{зар}} = 3,13 \cdot A \cdot b \cdot \sqrt{\frac{a}{\alpha}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{мин}}$ – минимальный расход сифонного водовыпуска, $\text{м}^3/\text{с}$; $Q_{\text{зар}}$ – зарядный расход, обеспечивающий работу сифона полным сечением при максимальном подтоплении выходного сечения, $\text{м}^3/\text{с}$; A – коэффициент, зависящий от формы сифонного водовыпуска и заглубления его выходного сечения под уровень воды в колодце, $A = 0,6 \dots 0,7$; $a = 0,5D_{\text{тр}}$ – высота горлового сечения, м; b – ширина горлового сечения, м; $\alpha = 1,05$ – коэффициент Кориолиса.

— максимальная величина вакуума в сифонном водовыпуске, которая будет иметь место под напором сифона и ее можно определить по формуле:

$$\frac{P_{\text{вф.мкс.}}}{\rho g} = Z - \frac{V_{\text{г.с.}}^2}{2g} \left[\frac{\alpha}{\ln^2 \frac{Z_2}{r_1}} \left(\frac{1}{r_1^2} - \frac{1}{r_2^2} \right) \right] - \sum h_{\text{в.з.}} - \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g}, \quad (2)$$

где Z – повышение напора сифона над минимальным УВБ, м; $V_{\text{p.c.}}$ – средняя скорость в горле сифона, м/с; a – высота горлового сечения, м; $\sum h_{\text{w-l-z}}$ – сумма гидравлических потерь между горловыми и выходными сечениями, м; α_2 – коэффициент Кориолиса; V_2 – средняя скорость в выходном сечении м/с; ρ – плотность воды, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²;

- максимальная величина вакуума не должна превышать 5,0...7,0 м;

– в качестве запорных устройств, исключающих обратный ток воды, на сифонных оголовках рекомендуется применять клапаны срыва вакуума механического или гидравлического действия.

Результаты и обсуждение. В станциях с осевыми насосами и сифонными водовыпусками простота конструкции приводит к большой растянутости по времени переходных процессов и, следовательно, к значитель-

ной продолжительности переменных динамических воздействий на сооружения и оборудование.

Поэтому при проектировании крупных насосных станций необходимо комплексно учитывать работу напорного тракта и технологического оборудования, основываясь на расчетах переходных процессов [2–4].

Для определения волны изменения давления при присоединении водовода по принципу сифона принята следующая расчетная схема.

Распространение волны изменения давления в сифоне не учитывается, так как длина его обычно сравнительно невелика.

Уровень воды в бассейне $Z_{\text{бас}}$ в течение всего времени протекания гидравлического удара принимается постоянным, и до изменения направления движения воды в конечной точке водовода (до изменения знака скорости V_n), отражение волны происходит от этого уровня (рис. 2):

$$\varphi_n^{\text{мек.}} = -\varphi_{n-1}^{\text{пред.}}, \quad (3)$$

где n – номер конечной точки водовода, соответствующей числу участков разбивки водовода.



Рис. 2. Расчетная схема теоретических исследований переходных процессов

При изменении направления движения воды в конечной точке $|V_n < 0|$ происходит срыв вакуума в сифоне.

В момент срыва вакуума отражение волн изменения давления будет происходить от уровня $Z_0^{\text{сиф}}$, определяемого положением напора сифона. В дальнейшем уровень воды в сифоне $Z_{\text{сиф}}$ будет снижаться. Изменение уровня в сифоне $\Delta Z_{\text{сиф}}$ за расчетный интервал времени Δt определяется по формуле:

$$Z_{\text{сиф}} = \frac{V_n^{\text{cp}} \omega \Delta t}{\omega_{\text{сиф}}}, \quad (4)$$

где $V_{\text{ср}}^{\omega_{\text{сиф}}}$ – среднее значение скорости в конце водовода за интервал времени Δt , м/с; ω – площадь сечения водовода, м²; $\omega_{\text{сиф}}$ – площадь горизонтальной проекции сечения сифона, принимаемая одинаковой по всей высоте сифона, м².

Значение отраженной волны изменения давления будет выражаться по следующей формуле:

$$\Psi_n^{\text{тек}} = (Z_{\text{сиф}}^{\text{тек}} - Z_{\text{сиф}}^0) - \varphi_{n-1}^0, \quad (5)$$

Определение значения $\Psi_n^{\text{тек}}$ по формуле (5) справедливо для не полностью опорожненного сифона.

Расчет с момента опорожнения сифона производится следующим образом. Вычисляется расстояние, на которое отходит колонна воды за расчетный интервал времени Δt , по формуле $\Delta l = V_{\text{ср}} \Delta t$. После этого определяется длина части водовода, заполненной водой в рассматриваемый момент времени t , для чего значение Δl алгебраически суммируется со значением длины части водовода заполненной водой для предыдущего расчетного момента времени $(t - \Delta t)$.

Уровень, от которого будет происходить отражение волн в каждый расчетный момент времени, будет соответствовать отметке оси водовода на расстоянии $L + \sum \Delta l$ от начала водовода.

Определение волны изменения давления при опорожнении водовода будет вычисляться по следующей формуле (рис. 2):

$$\Psi_i^{\text{тек}} = Z_i - (Z_i - Z_{i-1}) \frac{\Delta L_b}{\Delta L} - H_{i0} - \varphi_{i-1}^{\text{пред}}, \quad (6)$$

где ΔL_b – длина участка разбивки, заполненная воздухом, м; H_{i0} – начальное значение напора в точке i , м; φ и ψ – волны изменения давления, распространяющиеся по направлению и соответственно против направления начального давления воды в трубопроводе в точках i и $(i - 1)$.

Изменение времени пробега ударных волн по длине водопровода учитывается следующим образом:

- расчет производится для моментов времени, отличающихся на интервалы Δt ;
- при опорожнении водовода часть участков разбивки, ближайших к насосной станции, будут заполнены водой; часть участков, ближайших к бассейну, – заполнена воздухом; граничный участок в общем случае частично заполнен водой, частично – воздухом (если граничный участок заполнен водой более чем наполовину, то принимается, что время распространения волн изменения давления по этому участку остается равным $\Delta t = \Delta L/a$, если участок заполнен менее чем наполовину, то принимается, что время распространения волн изменения по этому участку равно нулю);
- после опорожнения сифона отход колонны воды от бассейна будет продолжаться и начнется опорожнение самого водовода;
- количество участков разбив-

ки водовода, для которых производятся вычисления, будет все время уменьшаться, и в случае, когда лишь один первый участок водой будет заполнен меньше, чем наполовину, распространение волн изменения давления происходить не будет, и расчет следует прекратить.

Блок-схема алгоритма расчета, разработанная авторами данной статьи, представлена на рисунке 3.

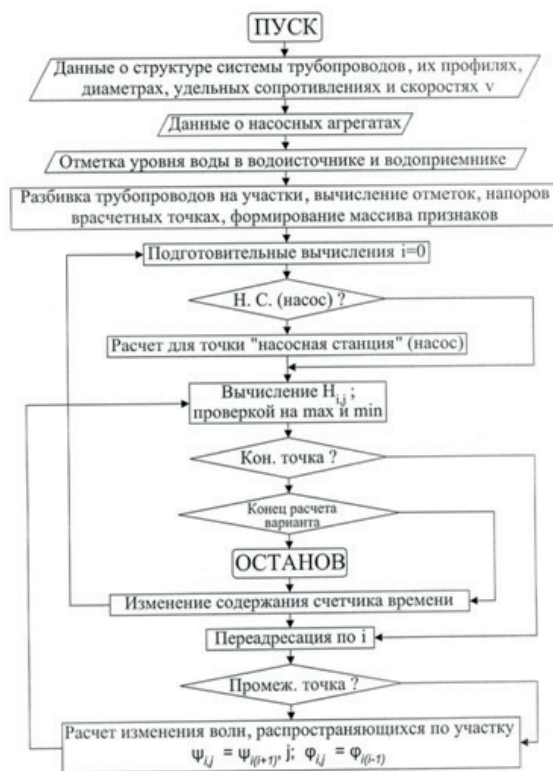


Рис. 3. Блок-схема алгоритма расчета переходных процессов

Выводы

Для расчета переходных процессов в напорных системах используется дифференциальные уравнения неустановившегося движения воды в трубопроводах, в которых не учитываются конвективные члены и пренебрежение которыми позволяет значительно упростить решение уравнений не приводя к ощутимым погрешностям в определении времени распространения волн по трубопроводам;

При относительно больших геодезических высотах подъема воды, значительной протяженности трубопроводов и отсутствии сброса воды через насосы при переходных процессах, отраженная волна равна подошедшей со знаком минус $\Psi_{i,j} = -\varphi_{i(i-1),j}$ (в момент времени j);

Такое допущение бывает вполне приемлемым, несмотря на то, что фактиче-

ски трубопроводы отключаются от водовыпускных устройств;

Созданная на основе теоретического обобщения существующих методов расчета, математическая модель дает возможность провести с необходимой степенью точности расчеты переходных процессов в напорных трубопроводах с крупными насосными станциями и сифонными водовыпусками, входящих в комплексы сооружений водного хозяйства и гидроэнергетики.

Библиографический список

1. Кондратьев В. Н. Проектирование сифонных водовыпусков для насосных станций / В. Н. Кондратьев, Е. В. Скосарев, И. Т. Чибисов, В. Н. Шаварин // Гидротехническое строительство. – 1976. – № 1. – С. 54–56.
2. Али М. С. Исследования переходных процессов в напорных коммуникациях насосных станций с осевыми насосами при пуске агрегатов / М. С. Али, Д. С. Бегляров // Природообустройство. – 2015. – № 3. – С. 74–78.
3. Аршеневский Н. Н. Переходные процессы крупных насосных станций / Н. Н. Аршеневский, Б. Б. Пospelов. – М.: Энергия, 1980. – 155 с.
4. Вишневский К. П. Переходные процес-

сы в напорных системах водоподдачи. – М.: Агропромиздат, 1986. – 93 с.

Материал поступил в редакцию 31.03.2016.

Сведения об авторах

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

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

Лентяева Екатерина Алексеевна, кандидат технических наук, ФГБНУ ВНИИГиМ имени А. Н. Костякова; 127550, Москва, Большая Академическая, 44 корпус 2; тел.: 8-499-976-23-49; e-mail: Elentaeva@yandex.ru.

Апресян Давид Шамилович, кандидат технических наук, ведущий инженер Акционерного общества «Мосинжпроект»; 111250, г. Москва, пр. Завода Серп и Молот д.108; тел.7-926-569-34-34; e-mail: fender-omega@mail.ru.

M. S. ALI, D. S. BEGLYAROV

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

E. L. LENTYAEVA

The Federal state budget scientific institution

«The All-Russian research institute of hydraulic engineering and land reclamation named after A. N. Kostyakov», Moscow

D. Sh. APRESYAN

The Joint -stock company «Mosinzhproject», Moscow

FEATURES OF TRANSITIONAL PROCESSES IN PUMPING STATIONS WITH SIPHON OUTLETS

With development of construction of large pumping stations and increase of the volume of works fulfilled by pump aggregates in the systems of water supply (for example, operation in the regime of a consumer – regulator of the power system) requirements to the operational reliability of pumping stations and some of its elements increase. For large pumping stations under the pressure of more than 15 m buildings of a block type are typical with a combined variant of outlet. At the stations with axial-flow pumps and siphon water outlets the simplicity of design leads to a longer time duration of transitional processes and, therefore, to a significant duration of variable dynamic impacts on structures and equipment, thus when designing large pumping stations it is necessary to fully take into consideration the operation of pressure tract and technological equipment basing on calculations of transitional processes. In the article there is considered a mathematical model created on the basis of theoretical generation of existing calculation methods of transitional processes. This model allows carrying out calculations with the necessary degree of accuracy calculations of transitional processes in pressure pipelines with large pumping stations and siphon outlets being a part of structural complexes of the water economy and hydro power engineering.

Pump aggregate, pressure pipeline, axial-flow pump, transitional processes, shock wave velocity, hydraulic impact, siphon outlet, hydraulic losses.

References

1. Kondratjev V. N. Proektirovaniye sifonnyh vodovypuskov dlya nasosnyh stantsij / V. N. Kondratjiev, E. V. Skosarev, I. T. Chibisov, V. N. Shavarin // Hydrotehnicheskoye stroitel'stvo. – 1976. – № 1. – S. 54–56.
2. Ali M. S. Issledovaniya perehodnykh protsessov v napornykh kommunikatsiyah nasosnyh stantsij s osevyimi nasosami pri puske agregatov / M. S. Ali, D. S. Beglyarov // Prirodoobustroystvo. – 2015. – № 3. – S. 74–78.
3. Arshenevsky N. N. Perehodnyye protsessy krupnykh nasosnyh stantsij / N. N. Arshenevsky, B. B. Pospelov. – M.: Energiya, 1980. – 155 s.
4. Vishnevsky K. P. Perehodnyye protsessy v napornykh sistemah vodopodachi. – M.: Agropromizdat, 1986. – 93 s.

Received on 31.03.2016.

Information about the authors

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

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

Lentyaeva Ekaterina Alexeevna, candidate of technical sciences, FGBNU VNIIGiM named after A. N. Kostyakov, 127550, Moscow, Bol'shaya Akademicheskaya, 44, corpus 2; tel.: 8-499-976-23-49; e-mail: Elentaeva@yandex.ru.

Apresyan David Shamilevich, candidate of technical sciences, leading engineer of The Joint-stock company «Mosinzhproject»; 111250, Moscow, pr. Zavoda Serp i Molot, d.108; tel. 7-926-569-34-34; e-mail: fender-omega@mail.ru.

УДК 502/504:556.535.5

Л. С. БАНЩИКОВА

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный Гидрологический институт», г. Санкт-Петербург

А. А. БАНЩИКОВ, М. В. СОБОЛЕВ, С. В. ХВАЛЕВ

Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственное объединение «Гидротехпроект», г. Санкт-Петербург

ЛЕДОВЫЙ РЕЖИМ РЕК ПЕСТОВСКОГО РАЙОНА НОВГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ*

В работе дана характеристика ледового режима для рек бассейна Молога в пределах Пестовского района Новгородской области за многолетний период. Выполнена оценка изменчивости различных фаз ледового режима: осеннего ледохода, ледостава, весеннего ледохода, повторяемости и мощности заторов и зажоров, толщины льда за период 1931–2013 годов. Выявлено, что изменение зимних температур воздуха привело к значительному изменению параметров ледового режима. Отмечается, что общая продолжительность периода с ледовыми явлениями сократилась в среднем на 15 дней. При этом сроки наступления первых ледовых явлений и осеннего ледохода практически не изменились. Ледоход, длится от 4 до 10 дней. В то же время уменьшился период ледостава в среднем по району на 15 дней. При этом сформировавшийся ледовый покров не всегда устойчив: наблюдаются полыньи и закраины в течение всего зимнего периода. Весенний ледоход на участке реки Молога так же наступает раньше на 1–2 недели, а на притоках и вовсе отсутствует. Так величина максимальных зажорных уровней воды в среднем понизилась на 20 %, заторного – 30 %, что привело к изменению повторяемости опасных гидрологических явлений и уменьшению их мощности.

Верхнее-Волжский речной бассейн, ледовый режим рек, заторы, зажоры, изменение климата.

* Работа выполнена в рамках Проекта РФФИ № 15-45-06003, «Конкурс РФФИ - Новгородская область – (№15-41-07000) – p_2».

Введение. Ледовый режим на реках большей части России наблюдается от нескольких недель до полугода, поэтому учет процессов образования первичных ледовых явлений, условий формирования ледостава, ледохода, разрушения ледового покрова, а так же заторов и зажоров необходимо при использовании водных объектов.

Формирование ледового режима зависит от местных факторов, постоянных – гидравлических и морфометрических параметров русла рек, и переменных, меняющихся с каждым годом и имеющих непосредственное влияние на процессы формирования зимнего режима рек, то есть климатические параметры.

В последние десятилетия ледовый режим изучается многими учеными, в частности В. А. Бузиным и А. Т. Зиновьевым выполнены обобщения, изложенные в монографии [2], предложен метод прогноза максимальных уровней воды при заторах льда на средних реках. Рядом исследователей, в том числе Н. И. Алексеевским, Д. В. Козловым, Н. Л. Фроловой, С. А. Агафоновой, были определены особенности ледового режима и процессов заторообразования на реках различных регионов России [4, 5]. В 2010 г. коллективом ученых из Института водных проблем РАН была составлена карта заторных наводнений на реках России.

Во многих работах указано, что за многолетний период произошло существенное изменение температур воздуха, в том числе и на территории бассейна Верхней Волги [1].

Учитывая вышеописанное, целью данной работы стало определение характеристик ледового режима рек и их изменения в пределах рассматриваемого района.

Материалы и методы. Большая часть территории Новгородской области относится к бассейну Балтийского моря, и лишь крайняя восточная часть, а именно Пестовский район Новгородской области, – к бассейну Верхней Волги. Главный водораздел Восточно-Европейской равнины проходит по Валдайской возвышенности, с ее западных склонов берут начало реки бассейна Балтийского моря, с восточных – бассейна Каспийского моря (Верхняя Волга).

Несмотря на территориальную близость, принадлежность к разным бассейнам оказывает влияние на различие в параметрах режима рек, в том числе и ледового.

В Пестовском районе преобладают

малые реки длиной менее 200 км, относящиеся к бассейну реки Молога (среднему течению). Из них наиболее крупные – это реки Семьтинка, Меглинка, Паросло, Меолистовка, Кирва, Колодня, Касть.

Ледовый режим рек формируется в зависимости от местных факторов: постоянных (гидравлические и морфометрические параметры русла рек) и переменных (меняющихся для каждого года и имеющие непосредственное влияние на процессы формирования зимнего режима рек, то есть климатические параметры).

Для оценки численных характеристик ледового режима рек Пестовского района Новгородской области был использован метод расчета, основанный на статистической обработке данных, полученных на гидрологических постах, расположенных на реках Молога и Меглинка за период 1931–2013 гг., и опорным метеостанциям Охоны и Устюжна за период 1929–1950 гг. и 1960–2013 гг., а также архивные материалы наблюдений на реках Новгородской области.

Применение методов статистической обработки результатов многолетних наблюдений за параметрами ледового режима позволяет получать достоверные количественные характеристики, на основании которых устанавливаются зависимости между отдельными переменными

Результаты и обсуждение. Для малых водотоков характер ледового режима, сроки наступления его различных фаз, а также толщина льда во многом зависят от температуры воздуха. Выполненный анализ средней температуры воздуха за холодный период с октября по апрель для метеостанции Охоны за период 1960–2013 гг. показал, что она увеличилась на 3,0 °С.

При этом, в месячном разрезе наибольшие тренды наблюдаются в январе – 9,2 °С, наименьшие – октябрь и апрель (0,7 °С и 0,8 °С соответственно).

Эти изменения в температуре воздуха сказались на сроках наступления различных фаз ледового режима.

Первые осенние ледовые явления на реках – забереги и сало, наблюдаются на всех реках рассматриваемого района. Средняя дата их появления – первая декада ноября. Эта дата значительно не изменилась за периоды с 1931 по 1966 [6] и с 1967 по 2013 годы. В то же время даты наиболее раннего и позднего появления первых ледовых явлений изменились на 5–7 дней. Это связано с наиболее поздним

установлением отрицательных температур воздуха в районе. За многолетний период наиболее ранние даты приходятся на вторую декаду октября, наиболее поздние – на десятые числа декабря.

Особенность ледового режима на малых реках заключается в том, что образовавшиеся забереги путем смораживания формируют перемычки, а затем – уже сплошной ледостав, который разрушается только в весенний период. Осенний ледоход на них отсутствует. Однако на участке реки Молога, а также в низовьях ее притоков только в редкие годы, при значительных заморозках, сплошной ледостав устанавливается сразу же. В большинстве случаев ледостав носит временный характер и разрушение ледового покрова происходит через 4–5 суток.



а

Осенний ледоход (чаще шугоход) наблюдается практически ежегодно и длится в среднем 4–10 дней.

На реке Молога все чаще формируется несплошной ледостав и полыньи, которые наблюдаются в течение всего зимнего периода. Ледяной покров неравномерный, с шугой и полыньями (рисунок 1). Шуга при осеннем ледоходе занимает от 10 до 80 % живого сечения реки. Для рек равнинного типа, с чередованием плесов и перекатов, к которым относится участок р. Молога, шуголедовые процессы происходят путем смерзания полей шуги на плесах. При подходе кромки к сечению, в котором начинается процесс подныривания под кромку, возникает зажор, который в свою очередь вызывает подпор на перекате.



б

Рис. 1. Шугоход (а) и полынья (б) на реке Молога у города Пестово [7]

Зажоры льда на участке реки Молога в районе Пестово, явление достаточно частое, за весь период наблюдений их повторяемость практически не изменилась. Она составляет 64 %, при этом величина максимального наблюдаемого зажорного уровня увеличилась: если в период с 1931 по 1966 год она составила 362 см, то по 2013 год уже 456 см. Расчетное значение максимального зажорного уровня воды 1%-ой вероятности превышения увеличилось с 470 до 519 см.

Зажоры льда не вызывают существенного подъема льда, поскольку затопление в районе Пестово начинается при уровне 690 см, но они могут привести к нарушению работы водозаборных сооружений, расположенных в русле реки. На притоках Меглинка, Семьтинка, Паросло, Меолистовка, Кирово и Колодня зажорные уровни так же не превышают отметку затопления.

Формирование ледяного покрова на рассматриваемом участке происходит по

второму и третьему типу [3] путем перемещения кромки ледяного покрова снизу вверх по течению и образования ледяных перемычек за счет остановки и смерзания шуги выше образовавшихся выше по течению. В среднем по району он устанавливается позднее – в середине декабря. Изменились и граничные даты, самая ранняя дата установления ледостава сдвинулась на неделю – 28 октября, самая поздняя – 01 января.

Средняя продолжительность ледостава за весь период наблюдений на рассматриваемом участке бассейна реки Молога составляет 134 дня, в суровые зимы она увеличивается до 170 дней, в мягкие зимы с оттепелями и ранней весной – до 95 дней. В среднем продолжительность ледостава за период с 1931 по 1966 и за период с 1967 по 2013 год уменьшилась на 15 дней.

Изменение продолжительности ледостава оказало влияние и на толщину льда. Нарастание толщины льда в начале ледостава

в значительной мере зависит от типа зимнего периода. Чем теплее зима, тем меньше период нарастания толщины льда. При этом в теплые зимы максимальная толщина льда в 2...3 раза меньше, чем в холодные. С учетом потепления зим в изучаемом районе нарастание происходит в течение 1–2 месяцев, причем наиболее интенсивное нарастание происходит в первые две недели ледостава (1...2 см/сут), а затем оно не превышает 0,2 см/сут.

Еще одним фактором, определяющим рост льда, является режим замерзания реки. В годы, когда наблюдается шугоход, ледяной покров формируется из шуги за счет ее промерзания, а затем уже при отрицательном балансе теплообмена происходит нарастание льда снизу за счет кристаллизации воды.

В годы, когда шугоход отсутствует вслед за образованием перемычек, а затем и за образованием корки льда, происходит нарастание толщины льда путем кристаллизации воды на нижней поверхности этой корки с интенсивностью, определяющейся тепловым балансом нижней поверхности ледяного покрова.

Максимальная наблюденная толщина льда за весь период наблюдения на реках рассматриваемого района составляет 74 см (1958 год), минимальная 33 см (1992 год), средняя 55 см. В верховьях притоков Мологи русла рек промерзают до дна.

Весенние ледовые явления на реке Молога практически ежегодно начинаются с подвижек. В некоторые годы, вскрытию рек предшествует вода поверх льда, появившаяся в результате таяния снегов. Разрушение ледяного покрова на участке р. Молога происходит по второму типу [3], в результате двух факторов – таяния льда, и динамических перенапряжений. Продолжительность периода, предшествующего ледоходу увеличи-

лась на Мологе на 6 дней, и устанавливается раньше, в среднем в конце марта – начале апреля. В отдельные годы при ранней весне в третьей декаде февраля, при затяжной зиме – во второй декаде апреля.

На притоках реки Молога вскрытие происходит по первому типу, когда разрушение ледяного покрова происходит за счет поверхностного и внутреннего таяния льда под влиянием внешних факторов. Весенние ледовые явления практически отсутствуют, лишь в 25 % наблюдаются подвижки льда.

В среднем реки вскрываются в первой декаде апреля. Наиболее ранняя дата вскрытия – 26 февраля, поздняя – 16 апреля.

Весенний ледоход на притоках реки Молога практически отсутствует и наблюдается лишь после суровых зим, которые в последние десятилетия не наблюдаются.

На участке реки Молога вблизи г. Пестово ледоход наблюдается ежегодно. Продолжительность его за многолетний период практически не изменилась и составляет 3–4 дня, наблюдается он в десятых числах апреля. В годы с ранней весной ледоход может начинаться в третьей декаде марта, в годы с суровыми зимами ледоход происходит в конце апреля.

В период ледохода на реке Молога, в том числе и на рассматриваемом участке наблюдаются заторы льда. Помимо условий, при которых происходит замерзание реки, причиной формирования заторов льда является наличие большого количества островов и отмелей в русле реки, встретив которые, ледяные поля останавливаются. К примеру, на рассматриваемом участке на реке Молога (ниже поста) наблюдается большое число островов, возникших в результате затона леса на перекатах (при молевом сплаве) и отложения на них русловых фаций наносов (рис. 2).



а



б

Рис. 2. Заторные участки на реке Молога близ устья р. Меглинка (а) и на участке водозабора (б)

Повторяемость заторов изменилась, их количество значительно уменьшилось и составляет 9 % относительно периода до 1966 года; мощность заторов также уменьшилась. Если в период с 1931 по 1966 год максимальный наблюдаемый заторный уровень воды составлял 942 см (1952 год), то с 1967 по 2013 год – 579 см (1990 год). Расчетное значение максимального заторного уровня и воды 1%-ой вероятности превышения на реке Молога в районе г. Пестово составляет 1107 см.

На крупных притоках, в том числе р. Меглинке, на формирование заторов влияние оказывает режим реки Молога. Так, при более позднем вскрытии реки-приемника, когда на р. Молога наблюдается сплошной ледостав, а на приустьевые участки уже поступил лед со среднего течения притоков, формируются заторы льда.

Повторяемость заторов составляет 26 %, максимальный наблюдаемый заторный уровень воды составляет 404 см (1955 год). Расчетное значение максимального заторного уровня воды 1%-ой вероятности превышения в районе с. Русское Пестово составляет 498 см, то есть превышение над отметкой затопления составляет 48 см.

Продолжительность заторов льда составляет 3–5 дней.

После прорыва затора ледоход наблюдается еще несколько дней и уже в первой декаде апреля ледовые явления обычно прекращаются. Наиболее ранняя дата окончания ледохода приходится на 23 марта, поздняя – 26 апреля. Более раннее наступление весны привело к тому, что русла рек полностью очищаются ото льда на неделю раньше, чем в предшествующем периоде.

Выводы

Таким образом, выяснено, что ледовый режим рек Новгородской области Пестовского района за период с 1931 по 2013 год в достаточной степени изменился. Общая продолжительность периода с ледовыми явлениями сократилась в среднем на 15 дней. При этом сроки наступления первых ледовых явлений и осеннего ледохода практически не изменились. Ледоход, длится от 4 до 10 дней. В то же время уменьшился период ледостава в среднем по району на 15 дней. При этом сформировавшийся ледовый покров не

всегда устойчив – наблюдаются полыньи и закраины в течение всего зимнего периода. Весенний ледоход на участке реки Молога так же наступает раньше на 1–2 недели, а на притоках и вовсе отсутствует.

Следует отметить, что наблюдаемый в последние годы маловодный период сказывается и на величинах максимальных уровней воды периода ледовых явлений, величина максимальных зажорных уровней воды в среднем понизилась на 20 %, заторного – на 30 %. Это, в свою очередь, привело к изменению повторяемости опасных гидрологических явлений и уменьшению их мощности.

Библиографический список

1. Агафонова С. А. Современное изменение ледового режима рек бассейна Волги / С. А. Агафонова, Д. Н. Айбулатов, Н. Л. Фролова, Д. В. Козлов // Природообустройство. – 2014. – № 3. – С. 60–62.
2. Бузин В. А., Зиновьев А. Т. Ледовые процессы и явления на реках и водохранилищах. – Барнаул: Изд-во ООО «Пять плюс». – 2009. – 168 с.
3. Донченко Р. В. Ледовый режим рек СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 246 с.
4. Закономерности гидрологических процессов; под ред. Н. И. Алексеевского. – М.: ГЕОС, 2012. – 736 с.
5. Козлов Д. В. Опасные ледовые явления на реках и водохранилищах России: Монография / Козлов Д. В., Бузин В. А., Фролова Н. Л., Агафонова С. А., Бабурин В. Л., Банщикова Л. С., Горошкова Н. И., Завадский А. С., Крыленко И. Н., Савельев К. Л., Козлов К. Д., Бузина Л. Ф. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. – 348 с.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 10. Верхне-Волжский район. Книга 1. – М.: Гидрометеиздат, 1973. – 475 с.
7. Сайт семьи Андреевых [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.liuch.ru> (Дата обращения 03.02.2016).

Материал поступил в редакцию 27.01.2016.

Сведения об авторах

Банщикова Любовь Святославовна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «ГТИ»; 199053, Санкт-Петербург, 2-ая линия В.О., д. 23 ; e-mail: balju@rambler.ru.

Банщиков Антон Александрович,

начальник экспедиционного отдела ООО НПО «Гидротехпроект», 199178, г. Санкт-Петербург, 14-я линия В.О., д. 97, лит. А, пом. 3-Н; e-mail: expedition.gtp@yandex.ru.

Соболев Максим Викторович, ведущий инженер экспедиционного отдела ООО НПО «Гидротехпроект»; 199178, г. Санкт-

Петербург, 14-я линия В.О., д. 97, лит. А, пом. 3-Н e-mail: sobolevmaxv@mail.ru.

Хвалева Сергей Валентинович, техник экспедиционного отдела ООО НПО «Гидротехпроект»; 199178, г. Санкт-Петербург, 14-я линия В.О., д. 97, лит. А, пом. 3-Н; e-mail: atribyt@bk.ru.

L. S. BANSCHCHIKOVA

The Federal state budget institution «The state Hydrological institute», Saint-Petersburg

A. A. BANSCHCHIKOV, M. V. SOBOLEV, S. V. KHVALEV

The limited liability company Scientific-production association «Hydrotechproject», Saint-Petersburg

THE ICE CONDITION OF RIVERS OF THE PESTOVSKY REGION OF THE NOVGOROD AREA

In the work there is given a description of the ice condition for the rivers of the Mologa basin within the Pestovsky region of the Novgorod area for a long period. The assessment is made on the changeability of different phases of the ice regime: autumn ice floating, freezing-over, spring ice floating, frequencies and force of congestions and jams, ice thickness for a period of the 1931–2013 years. It is found that changing of winter air temperatures has lead to a significant changing of characteristics of the ice condition. It is noted that the total duration of the period with ice phenomena has reduced in average by 15 days. The formed ice cover is not always steady: there can be observed glades and flanges during the whole winter period. Spring ice floating on the part of the Mologa river also begins by 1–2 weeks earlier, and on the tributaries does not take place. Thus the value of maximal jam water levels in average has decreased by 20 %, congestion – by 30 % that has lead to the frequency changing of dangerous hydrological phenomena and decreasing of their force.

The Verkhne-Volzhsky river basin, ice condition of rivers, jams, congestions, climate change.

References

1. **Agafonova S. A.** Sovremennoye izmeneniye ledovogo rezhima rek basseina Volgi / S. A. Agafonova, D. N. Aibulatov, N. L. Frolova, D. V. Kozlov // Prirodoobustroistvo. – 2014. – № 3. – S. 60–62
2. **Buzin V. A., Zinovjev A. T.** Ledovye protsessy i yavleniya na rekah i vodohranilishchah. – Barnaul: Izd-vo ООО «Pyatj plyus». – 2009. – 168 s.
3. **Donchenko R. V.** Ledovy rezhim rek SSSR. – L.: Hidrometeoizdat Гидрометеониздат, 1987. – 246 s.
4. **Zakonomernosti gidrologichaskih protsessov; pod red. N. I. Alexeevskogo.** – M.: GEOS, 2012. – 736 s.
5. **Kozlov D. V.** Opasnye ledovye yavleniya na rekah i vodohranilishchah Rossii; Monografiya / Kozlov D. V., Buzin V. A., Frlova N. L., Agafonova S. A., Baburin V. L., Banshchikova L. S., Goroshkova N. I., Zavadsky A. S., Krylenko I. N., Saveljev K. L., Kozlov K. D., Buzina L. F. – M.: Izd-vo RGAU-MSHA, 2015. – 348 s.

6. Resursy poverhostnyh vod SSSR. Tom 10. Verhne-Volzhsky rajon. Kniga 1. – M.: Hidrometeoizdat, 1973. – 475 s.

7. Sait semji Andreevyh [Elektronny resurs]. – URL: <http://www.liuch.ru> (Data obrashcheniya 03.02.2016).

Received on 27.01.2016.

Information about the authors

Banshchikov Anton Alexandrovich, head of the expedition department ООО НПО «Hydroproject»; 199178, Saint-Petersburg, 14-th line V.O., d. 97, lit. A, pom. 3-H; e-mail: expedition.gtp@yandex.ru.

Sobolev Maxim Victorovich, leading engineer of the expedition department ООО НПО «Hydroproject»; 199178, Saint-Petersburg, 14-th line V.O., d. 97, lit. A, pom. 3-H; e-mail: sobolevmaxv@mail.ru.

Khvalev Sergey Valentinovich, technician of the expedition department ООО НПО «Hydroproject»; 199178, Saint-Petersburg, 14-th line V.O., d. 97, lit. A, pom. 3-H; e-mail: atribyt@bk.ru.

УДК 502/504:556.3

М. А. ГУРУЕВ, М. М. АМАЕВА

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Прикаспийский институт биологических ресурсов», г. Махачкала

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ МОРФОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЙМЕННО- РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЕЛЬТЫ РЕКИ САМУР

Рассмотрены особенности проявления русловых и пойменных процессов горно-равнинной реки с высокой транспортирующей способностью потока, причины и механизмы трансформации русла р. Самур на разных ее участках. С целью оценки влияния масштабных водохозяйственных преобразований на биокомплекс проведено изучение экологических аспектов изменения морфометрических характеристик пойменно-руслового комплекса в дельте р. Самур. Путем ретроспективного анализа крупномасштабных карт, натурного обследования местности показано, что накопление в верхнем бьефе эксплуатирующегося водозаборного сооружения больших объемов аллювиальных отложений способствует смещению русла в плане и прогрессирующему размыву левого борта поймы трансграничной реки. Ежегодный отъем критических объемов воды р. Самур на мелиоративные нужды приводит к изменению типа русловых процессов, снижению обводненности поймы, смене среды обитания гидробионтов устьевых зон, трансформации пойменных ландшафтов, снижению продуктивности почв в дельте, деградации растительного покрова Самурского природного комплекса. В верхнем течении р. Самур отмечено некоторое понижение отметок дна, обусловленное природным процессом врезания реки в рельеф местности. В среднем и нижнем течении эрозионно-аккумуляционные процессы имели разную направленность и проявляются с разной интенсивностью. Наиболее сильные изменения в развитии русловых процессов проявлялись в дельте р. Самур. Прежде это выражается в снижении стока наноса, размыве и понижении отметок дна русла, повышении и обсыхании поймы, смене типа русловых процессов.

Русло, пойма, гидрологический режим, дельты, экосистема, биоценоз, деградация, пойменно-русловой комплекс, горный.

Введение. Изучение экологических аспектов русловых процессов в их естественном развитии, трансформации речного русла под воздействием антропогенных факторов приводящих в ней к различным морфологическим изменениям, представляет одну из важнейших задач, решение которой является залогом обеспечения устойчивого функционирования единого природно-территориального комплекса. Его актуальность вытекает из необходимости оптимизировать использование природных ресурсов, снизить последствия хозяйственного воздействия на биоту. Это непосредственно касается таких специфических природных образований, как экосистемы речных дельт, в частности дельты реки Самур, где регистрируется существенное изменение среды обитания под влиянием масштабного водохозяйственного строительства. Поэтому в современный период весьма важным представляется изучение всего многообразия проявления русловых и пойменных процессов в дельте трансграничной реки Самур и прогноз их

воздействия на биокомплекс.

Материалы и методы. Изучение пространственно-временных закономерностей и особенностей изменения морфодинамических характеристик русла проводилось на реке Самур с детализацией в ее дельтовой части. В процессе работы были использованы результаты собственных исследований и немногочисленные разноплановые материалы русловедческих и картографических исследований местных и российских геоморфологов и гидрологов. Распознавание морфологических типов ПРК осуществлялось с помощью анализа космических снимков из Интернет-ресурса maps.gugule.ru, крупномасштабных карт, выпущенных в середине XIX в., маршрутного обследования русла р. Самур.

Данные материалы отличает приемлемая для обработки степень информативности, что позволило произвести все необходимые вычисления и сравнительные картографические процедуры. Особая роль в проведенных исследованиях отводилась историческому анализу, осуществленному

на основе фондовых материалов.

Количественные характеристики пространственно-временного изменения местоположения русла получены с помощью программного продукта ArcGis 9.3 (ESRI). Плановые изменения скорости и направленности размыва берега верхнего бьефа гидроузла реки определялось путем вычисления отдельных площадей участков поймы от срединной линии русла. Современный продольный профиль русла реки строился по отметкам высот космических снимков из Интернет-ресурса.

Результаты и обсуждение. Современные представления о русловом процессе, режиме русловых деформаций в естественных условиях и под воздействием различного комплекса антропогенных факторов, об основных структурных уровнях русловых форм, типах русловых процессов основаны на работах ряда отечественных авторов [5–7]. Исследованию многообразия связей речного русла и окружающей природой среды, разработке прогнозов его изменения под влиянием хозяйственной деятельности, выявление неблагоприятных последствий для жизни и деятельности человека посвящены работы [2, 3, 8, 9].

В гидролого-морфологической теории под русловым процессом понимается видоизменение морфологического строения речного русла и поймы, постоянно происходящее под действием текущей воды. При этом русловые процессы представляются как совокупность явлений, возникающих при взаимодействии потока и грунтов, из которых складывается ложе реки, явлений, определяющих развитие различных форм рельефа русел и режим их сезонных, многолетних и вековых изменений, влияющих на размыв дна и берегов рек, на транспорт и аккумуляцию наносов. На наш взгляд, в рамках исследуемой темы, наиболее важным в русловедении является активно разрабатываемое направление рассматривающее геосистему «русло – пойма» как пойменно-русловой комплекс.

Пойменно-русловые комплексы (ПРК) – это природные комплексы, расположенные на днищах речных долин и включающие в себя русло реки и ее пойму, а также уступы террас или коренных берегов, опирающихся на пойму или русло. ПРК обладают всеми признаками природных комплексов: они территориально и генетически едины, процессы, в них протекающие,

взаимосвязаны, географические объекты или комплексы низшего ранга (подсистемы), возникающие в результате этих процессов, влияют друг на друга в прямой и обратной связи. В то же самое время ПРК – саморазвивающаяся, активно функционирующая, очень динамичная система. Они создаются русловыми процессами, которые вместе с процессами, происходящими на поймах, определяют и основные особенности их функционирования

В настоящее время, в период повышенного внимания со стороны общества к сохранению уникального Самурского дельтового природного биоконтекста, в границах условий, приемлемых для устойчивого развития региона, понимание роли антропогенных факторов в формировании современных пойменно-русловых комплексов (ПРК) речной долины становится необходимой задачей. Основной проблемой является отсутствие необходимых сведений о происходящих в дельте р. Самур преобразованиях пойменных комплексов и сменяемости морфодинамического типа русла в результате активного хозяйственного освоения ее водных ресурсов.

По характеру водного режима р. Самур относится к рекам с весенним половодьем и осенними паводками. Летне-осенний период прерывается отдельными дождевыми паводками, максимальные расходы которых иногда превышают максимальные расходы весеннего половодья. Воды Самура отличаются большой мутностью, обусловленной наличием в составе слагающих бассейн легко размываемых пород – глинистых сланцев, глин, мергелей. Средний многолетний сток наносов превышает 10 млн тонн. Данная река также характеризуется сравнительно высоким значением годового модуля эрозии. Следует заметить, что в отличие от других рек Кавказа, где на фоне глобального потепления климата отмечается увеличение водности, для реки Самур в многолетнем разрезе напротив характерно снижение водности.

Ретроспективный анализ имеющихся сведений о русловых процессах р. Самур [4], протекающих в естественных условиях, показывает, что в своем верхнем течении река протекает большей частью в ущелье среди обнаженных глинистых сланцев. Ширина долины по дну изменяется преимущественно от 20 до 80 м. Почти

на всем протяжении участка в русле имеются пороги, образованные скоплениями валунов, реже выходами скальных пород. Для этой зоны характерно врезание реки в рельеф, преобладание очень высоких уклонов продольного профиля (более 7 ‰), что соответствует горному типу русловых процессов.

В среднем течении река протекает, преимущественно, в относительно широкой тектонической долине с террасированными склонами. Местами долина суживается (до 20...70 м по дну), приобретая форму ущелья. Склоны долины большей частью пологие, в местах сужений сливаются со склонами окружающих гор. Пойма сложена валунно- и песчано-галечными отложениями, ее поверхность пересечена сухими руслами и протоками. Русло реки слабо разветвленное, в пределах пойменных участков русло блуждающее. В половодье ширина русла увеличивается до 30...35 м, глубина на разных участках – до 2,0...5,0 м и скорость течения – до 1,5...4,0 м/сек. Уклон реки снижается до значений, соответствующих полугорному типу русловых процессов (0,6...7‰).

До начала процессов активного хозяйственного освоения водных ресурсов в нижнем течении (на участке от с. Зухуль до ответвления рукава Малый Самур) река Самур протекала в хорошо разработанной ящикообразной долине, имеющей ряд расширений до 2...3 км и сужений до 0,3...0,7 км. В пределах Приморской низменности долина неясно выражена, река врезается в аллювиальные отложения конуса выноса р. Самур.

Конус выноса р. Самур имеет длину 21 км, ширина его достигает до 40 км. Сложен он гравием и галькой, перекрытыми суглинистыми и глинистыми грунтами. На всем протяжении участка прослеживается пойма, сложенная отложениями блуждающей по ней реки и ее рукавов. Ширина поймы или полоса блуждания русла достигала до 1...2 км. Грунты поймы галечно-гравелистые, сменяющиеся к устью песчано-гравелистыми. Полного затопления поймы на всем протяжении участка, за исключением первых 500 м, не происходило, затоплялись лишь наиболее пониженные участки на глубину 0,3...1,5 м.

Ранее на всем протяжении участка река, помимо основного русла, имела ряд рукавов и проток, находящихся на расстоя-

нии друг от друга от 0,5 до 2 км. В межень до современного с. Яраг-Казмаляр насчитывалось 2...6 относительно крупных рукавов, а ниже целая сеть мелких рукавов. Основное русло характеризовалось слабой извилистостью, шириной в межень порядка 15...25 м, глубиной 0,4...0,8 м, имея скорости течения 0,5...1,5 м/сек. Остальные рукава и протоки имели ширину 3...20 м, глубину 0,1...0,5 м при скорости течения 0,6...1,3 м/сек. Устье реки с каждым годом все более выдвигается в море. Уклон реки на нижнем участке снижается до значений, соответствующих равнинному типу русловых процессов (менее 0,8 ‰).

В середине 50-х гг. прошлого столетия с целью освоения земель под сельскохозяйственные угодья в Приморской и Самур-Дивиченской низменности, решения проблемы питьевого водоснабжения отдельных территорий реализованы масштабные водохозяйственные преобразования, начало которым было положено строительством в 1956 году в верхней части дельты Самурского гидроузла. В результате, за счет изъятия около 70 % годового стока р. Самур на нужды орошения и питьевого водоснабжения [11] существенно активизировались процессы заиления, занесения наносами верхнего бьефа гидроузла, и отмечается трансформация русловых и пойменных процессов в дельте.

Наиболее общей формой проявления русловых процессов как совокупности явлений, связанных с взаимодействием потока и подстилающих их грунтов (горных пород, отложений), является продольный профиль реки. Его форма зависит от распределения частных уклонов свободной поверхности потока между местными базисами эрозии по длине реки.

С другой стороны, форма продольного профиля реки зависит от потерь энергии потока на преодоление гидравлических сопротивлений и его транспортирующей способности по длине реки. Непрерывное стремление потока реки от ее истока к устью, к образованию такой формы продольного профиля, при которой по длине реки наблюдается соответствие транспортирующей способности потока стоку наносов обусловлено законом автоматического выравнивания транспортирующей способности потока [6], раскрывающий физическую сущность и механизм непрерывных направленных изменений продольного

профиля реки благодаря постоянно происходящим процессам эрозии, транспорта, перемещения и аккумуляции наносов.

Изменение крутизны продольного профиля по длине реки обуславливает соответствующие изменения условий формирования русел рек. Особенно наглядно это проявляется на реках, берущих начало в горах и затем выходящих на равнину и имеющих вогнутый продольный профиль. Последовательное изменение в этом случае крутизны продольного профиля таких горно-предгорно-равнинных рек сопровождается сменой сначала одного типа горного русла другим, затем полугорным и, наконец, равнинным.

С учетом определенных допущений сравнительный анализ продольных профилей реки Самур (рис. 1) выявляет существенные русловые деформации по всей ее длине, произошедшие за последние 50 лет. В верхнем течении р. Самур отмечается некоторое понижение отметок дна обусловленное природным процессом врезания реки в рельеф местности. Здесь также отмечаются русла порожи-сто-водопадного типа, что обусловлено различными скоростями врезания потока и тектонического поднятия.

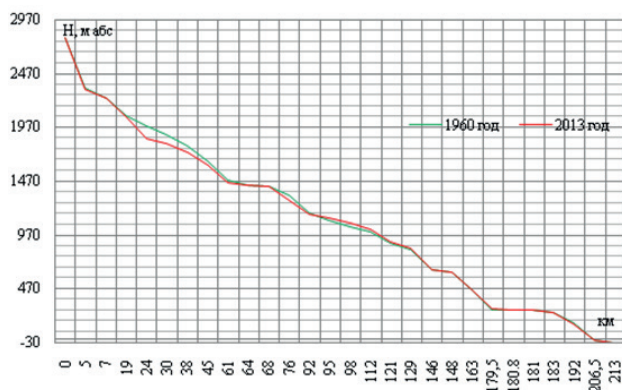


Рис. 1. Продольные профили реки Самур

В среднем и нижнем течении эрозионно-аккумуляционные процессы имеют разную направленность и проявляются с разной интенсивностью. Для данной зоны характерны горные и полугорные русла с развитыми аллювиальными формами. Вследствие большого количества поступающих в русло реки склоновых наносов, превышающих транспортирующую способность потока, на отдельных участках

регистрируется их аккумуляция, заиление русла. При этом горизонтальные русловые деформации ограничиваются наличием трудно размываемых породах по бортам русла реки.

Наиболее сильные изменения в развитии русловых процессов проявляются в дельте р. Самур, где в течение длительного периода времени осуществляется отъем значительных объемов воды на мелиоративные нужды. Выше действующего гидроузла особенности трансформации русла определяются морфологией и шириной речной долины, величиной стока наносов, величиной и обеспеченностью руслоформирующих расходов. Скорость распространения регрессивной аккумуляции достигает нескольких десятков метров в год. Аккумуляцию наносов в верхнем бьефе гидроузла способствует расширению и обмелению русла, снижению его устойчивости, развитию осередков и росту островов. Общий объем аллювиальных отложений накопивших на участке верхнего бьефа оценивается более чем в 50 млн тонн.

С другой стороны существенной формой проявления русловых процессов на реках, вызывающей ухудшение экологического состояния и экологическую напряженность в пойме, является размыв берегов поймы верхнего бьефа. Ширина современной поймы превышает 1,6 км. Проведенные наблюдения показывают высокую скорость размыва берега, превышающую 10 м/год, которая по существующей классификации опасности проявления русловых процессов [3] идентифицирует как «Повышенная» (3 балла). За рассмотренный период (рис. 2) общая площадь размытого берега поймы составило 67 га. Вследствие существующих различий геолого-геоморфологического строения поймы реки, размываемость берегов трансграничной реки Самур на участке верхнего бьефа проявляется неодинаково. Из-за малой сопротивляемости к размыву грунтов слагающих левый берег поймы, активно идет процесс смещение русла в сторону территории Российской Федерации. В зоне деформации русла располагается пойменный лес, агроландшафты.

Как правило, реки с измененным гидрологическим режимом посредством перестройки русла и поймы стремятся вернуться в состояние динамического равновесия. В таких случаях

саморегулирование рек проявляется в наиболее яркой форме. При этом находят проявление прямая и обратная связи во взаимодействии процессов эрозионно-аккумулятивного комплекса. Анализ современных данных подтверждает, что ниже гидроузла приспособление русла р. Самур происходит в условиях развития однонаправленных, необратимых деформаций. Прежде всего оно выражается в снижении стока наноса, размыве и понижении отметок дна русла и сопровождается посадкой уровня воды, повышением и обсыханием поймы. В конечном итоге в дельтовой части это приводит к изменению типа русловых процессов, пойменная «многорукость» сменяется на русловую «многорукость». Также отмечается снижение обводненности поймы и трансформацией пойменных ландшафтов, которая выражается остепнением пойменных лугов и почв, снижение их продуктивности, деградации растительного покрова Самурского природного комплекса [1].

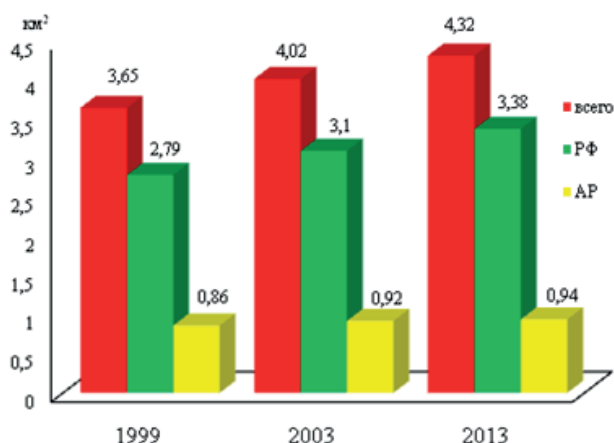


Рис. 2. Динамика плановой деформации поймы, верхний бьеф р. Самур

Вместе с тем можно прогнозировать, что изменения в развитии русловых процессов может привести к коренным изменениям экосистемы прилегаемой акватории моря. Уменьшение привносимого в устье реки твердого материала обуславливает формирование каменистых участков в литоральной и супралиторальной зоне. Смена среды обитания (как результат) отразится на видовой структуре биоценозов. Организмы, населяющие песчаные грунты освободят жизненное пространство для гидробионтов, приуро-

ченных к твердым субстратам. В сложившихся условиях в первую очередь получат развитие бентосные организмы-эпибионты и перифитон. Дальнейшие гидробиологические исследования позволят дать оценку кормовой базы в связи с меняющимся видовым составом биоты.

Выводы

Таким образом, русловые процессы и антропогенное изменение речного русла является важным фактором создания и развития экологической напряженности в дельте р. Самур, вызывая трансформацию и деградацию уникальной экосистемы и создавая неблагоприятные условия для жизни и деятельности людей.

В верхнем течении р. Самур отмечается некоторое понижение отметок дна, обусловленное природным процессом врезания реки в рельеф местности.

В среднем и нижнем течении эрозионно-аккумуляционные процессы имеют разную направленность и проявляются с разной интенсивностью. В нижнем течении регистрируется аккумуляция наносов, заиление и последующее смещение русла в плане. В средней части течения горизонтальные русловые деформации ограничиваются наличием трудноразмываемых пород по бортам русла реки.

Наиболее сильные изменения в развитии русловых процессов проявляются в дельте р. Самур. Прежде это выражается в снижении стока наноса, размыве и понижении отметок дна русла, повышении и обсыхании поймы, смене типа русловых процессов.

Библиографический список

1. Баламирзоев М. А., Гуруев М. А. Эколого-биосферные аспекты сохранения биоразнообразия природного комплекса дельты р. Самур / Научно-практическая конференция «Почвы аридных территорий и проблемы охраны их биологического разнообразия». – Махачкала: ИГ ДНЦ РАН, 2014. – С. 142–149.
2. Беркович К. М. Русловые процессы на реках в сфере влияния водохранилищ. – М.: Географический факультет МГУ, 2012. – 163 с.
3. Беркович К. М., Чалов Р. С., Чернов А. В. Экологическое русловедение. – М.: ГЕОС, 2000. – 331 с.
4. Реки Дагестанской АССР / К. К. Гюль, С. В. Власова, И. М. Кисин,

А. А. Тертеров. – Махачкала: Дагкнигаиздат, 1961. – 260 с.

5. Кондратьев Н. Е., Попов И. В., Смищенко Б. Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 272 с.

6. Маккавеев Н. И., Чалов Р. С. Русловые процессы. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. – 264 с.

7. Чалов Р. С. Основные положения теории общего и географического русловедения // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. – 2003. – № 6.

8. Черепанова Е. С. Пойменно-русловые комплексы в системе ландшафтов Пермского Прикамья // Географический вестник. Пермский государственный университет.

– 2012. – № 2(21). – С. 22–29.

Материал поступил в редакцию 16.01.2016.

Сведения об авторах

Гуруев Магомед Абдулаевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, лаборатория гидробиологии и химической экологии моря; ФГБНУ ПИБР ДНЦ РАН; 367025, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 45; e-mail: perspektivard@mail.ru.

Амаева Франгиз Шамильевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник, лаборатория гидробиологии и химической экологии моря; ФГБНУ ПИБР ДНЦ РАН; 367025, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 45; e-mail: a_frana@mail.ru.

M. A. GURUEV, M. M. AMAEVA

The Federal state budget institution of science «Prikaspisky institute of biological resources», Makhachkala

INVESTIGATION OF CURRENT MORPHODYNAMIC CHARACTERISTICS OF FLOODPLAIN-CHANNEL COMPLEXES OF THE SAMUR RIVER DELTA

There are considered peculiarities of channel and floodplain processes of the mountain-plain river with a high transporting capability of the flow, reasons and mechanisms of transformation of the Samur river channel on its different parts. With the evaluation purpose of the influence of scaled water economic transformations on the biocomplex there was carried out a study of ecological aspects of morphological characteristics changing of the plain flood-channel complex in the Samur river delta. By means of retrospective analysis of large-scaled maps, field inspection of the area it is shown that accumulation in upstream of the operating intake structure of large volumes of alluvia sediments promotes shifting of the channel in the plan and progressing erosion of the left side of the transboundary river floodplain. The annual withdrawal of critical water volumes of the Samur river for reclamation needs leads to changing the type of channel processes, decreasing of floodplain watering, changing of hydrobionts habitats of mouth zones, transformation of plain flood landscapes, decreasing of soils productivity in the delta, degradation of the vegetative cover of the Samursky natural complex. Upstream of the river Samur there is stated a certain lowering of the bottom marks caused by a natural process of the river penetration in the area relief. In the middle and low current erosion-accumulation processes had a different direction and occur with a different intensity. The strongest changes in the development of channel processes were revealed in the river Samur delta. First of all it is expressed in the decrease of the alluvia flow, washing out and marks lowering of the channel bottom, rising and drying of the floodplain, changing of the type of channel processes.

Channel, hydrological mode, deltas, ecosystem, biocoenosis, degradation, floodplain-channel complex, mountaneous.

References

1. Balamirzoev M. A., Guruev M. A. Ecologo-biosfernye aspekty sohraneniya bioraznoobraziya prirodnogo kompleksa delty r. Samur / Nauchno-practicheskaya konferentsiya «Pochvy aridnyh territorij I problem ohrany ih biologicheskogo

raznoobraziya». – Makhachkala: IG DNTS RAN, 2014. – S. 142–149.

2. Berkovich K. M. Ruslovyte protsessy na rekah v sfere vliyaniya vodohranilishch. – M.: Geografichesky facul'tet MGU, 2012. – 163 s.

3. Berkovich K. M., Chalov R. S., Chernov

A. V. Ecologicheskoye ruslovedeniye. – M.: GEOS, 2000. – 331 s.

4. Reki Dagestanskoy ASSR / K. K. Gyul, S. V. Vlasova, I. M. Kisin, A. A. Terterov. – Makhachkala: Dagknigaizdat, 1961. – 260 s.

5. Kondratjev N. E., Popov I. V., Snishchenko B. F. Osnovy gidromorfologicheskoy teorii ruslovogo protsessa. – L.: Gidrometeoizdat, 1982. – 272 s.

6. Makkaveev N. I., Chalov R. S. Ruslovyie protsessy. – M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1986. – 264 s.

7. Chalov R. S. Osnovnyepolozheniya teorii obshchego i geograficheskogo ruslovedeniya // Vesti. Mosc. un-ta. Ser.5. Geografiya. – 2003. – № 6.

8. Cherepanova E. S. Poimennor-uslovyie complexy v sisteme landshaftov Permskogo Prikamya // Geograficheskyy vestnik. Permsky gosudarstvennyy universitet. – 2012. – № 2(21). – S. 22–29.

9. Chernov A. V. Metodologiya i metodika geograficheskogo ruslovedeniya // Eroziya

pochv i ruslovyie protsessy. – 2005. – Vyp. 15. – S.102–125.

10. Priamurye: vodokhozyajstvennyy problem I perspektivy; otv. Red. I. M. Saipulaev, E. M. Eljdarov. – Makhachkala: DGPU, 2003. – 154 s.

Received on 16.01.2016.

Information about the authors

Guruev Magomed Abdulaevich, candidate of biological sciences, senior researcher, laboratory of hydrobiology and chemical exology of sea, FGBNU PIBR DNTS RAN; 367025, Makhachkala, ul. M. Gadzieva, 45; e-mail: perspektivard@mail.ru.

Amaeva Frangiz Shamiljevna, candidate of biological sciences, a researcher, laboratory of hydrobiology and chemical exology of sea, FGBNU PIBR DNTS RAN; 367025, Makhachkala, ul. M. Gadzieva, 45; e-mail: a_frana@mail.ru.

УДК 502/504:627.82.034.93

В. Я. ЖАРНИЦКИЙ, Е. В. АНДРЕЕВ

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

О. А. БАЮК

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», г. Москва

МНОГОФАКТОРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОГНОЗА ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАССИВА СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Для повышения объективности, сокращения стоимости, трудозатрат и сроков проведения обследования необходимо применять комплексный подход к оценке надежности и безопасности грунтовых плотин, с применением регрессионных многофакторных моделей использующих массив данных наблюдений за изменением величины обобщенного показателя эксплуатационной надежности. В силу физико-механических свойств низконапорных грунтовых сооружений, задача эксплуатационной надежности и долговечности требует решения ряда методологических и теоретических вопросов. К таким вопросам можно отнести проблему построения статистического и динамического прогноза долговечности и эксплуатационной надежности низконапорного гидротехнического сооружения в среде с ограниченным числом исчерпывающих исходных данных о сооружении. Однако возникают две математические проблемы: автокорреляция и мультиколлинеарность. Поэтому помимо скрупулезного изучения физико-механических свойств грунтов, при построении многокритериальных моделей оценки эксплуатационной надежности низконапорных грунтовых плотин и прогноза их дальнейшего состояния важно учитывать правильность постановки и реализации математического аппарата применительно к данной проблеме.

Низконапорные грунтовые плотины, долговечность, многофакторная модель, период наблюдений, временной ряд, статистические данные, фактические уровни временного ряда, прогноз состояния.

Введение. Долговечность и надежность напорных грунтовых сооружений – это гарантированная в течение определенного срока исправная их работа в конкретных условиях без нарушения прочности и устойчивости.

Обеспечение безопасной эксплуатации уже построенных и строящихся плотин чрезвычайно важно, требует пристального внимания и по-прежнему беспокоит научную общественность разных стран.

Более 100 тысяч плотин построено в мире. Сведения о 35 000 сооружений содержит издание Мирового регистра плотин [1]. Анализ распределения по типам плотин показывает, что грунтовые плотины являются наиболее распространенным видом напорных гидротехнических сооружений и составляют 82,9 % от общего числа плотин мира. Это обусловлено их максимальной экономичностью, строительством в относительно короткие сроки, использованием грунтов полезных выемок, возможностью возведения в различных природных условиях [2].

При значительных достижениях техники и совершенствовании технологии строительства, повышении общего уровня знаний, опыта и технических решений, аварии грунтовых плотин имеют место. Во всех известных случаях разрушений и повреждений плотин, последние были вызваны действием различных объективных и субъективных факторов. К числу первых относят природные стихийные явления: ураганы, катастрофические ливни (паводки), горные обвалы (оползни), землетрясения и т. п. К субъективным факторам относят ошибки в проектировании, низкое качество используемых грунтовых материалов, неудовлетворительное качество работ, отсутствие надежных методов контроля, устанавливающих качество текущей работы и ошибки в эксплуатации таких сооружений [2].

В этой связи возникает необходимость в создании новых подходов к оценке надежности гидротехнических сооружений отвечающих современным требованиям по точности результатов времени и стоимости проведения обследования. Для повышения объективности и достоверности, сокращения стоимости, трудозатрат и сроков проведения обследования можно применить комплексный подход к оценке безопасности грунтовых плотин, с применением регрессионных многофакторных моделей использующих массив данных наблюдений за изменением величины обобщенного показателя эксплуа-

тационной надежности [3].

Материалы и методы исследований. Многофакторное прогнозирование применительно к низконапорным гидротехническим сооружениям является сложной и не до конца изученной проблемой. В силу физико-механических свойств низконапорных грунтовых сооружений, задача эксплуатационной надежности и долговечности требует решения ряда методологических и теоретических вопросов. К таким вопросам можно отнести проблему построения статистического и динамического прогноза долговечности и эксплуатационной надежности низконапорного гидротехнического сооружения в среде с ограниченным числом исчерпывающих исходных данных о сооружении. Область рассматриваемых значений, за которую можно принять тело сооружения в конкретные периоды эксплуатации в свою очередь не является статичной и может меняться в результате воздействия на него различных сил и нагрузок.

Многофакторная модель низконапорного гидротехнического сооружения в разный период эксплуатации и соответственно с разной степенью восприятия внешних сил и нагрузок может быть представлена, как в статическом, так и в динамическом виде. Статическая модель может быть использована для анализа и нормирования физико-механических показателей грунта в теле сооружения. Динамическая – для анализа и прогнозирования изменчивости свойств грунта в теле сооружения на конкретный период с целью выявления остаточного ресурса сооружения. Применительно к гидротехническим сооружениям многофакторная модель является динамической, если она учитывает [5]:

- общие закономерности изменения степени уплотнения грунта в теле плотины в изучаемом интервале времени;
- закономерности изменения во времени влияний факторов-аргументов;
- запаздывание влияния факторов-аргументов.

Многофакторная модель изменчивости характерных критериальных показателей, строится по информации, относящейся к различным периодам времени. В этой связи выделяют основные типы исходной информации:

- временные ряды, характеризующие средние величины изучаемых показателей применительно к рассматриваемому сооружению в целом;
- временные ряды, характеризующие

степень уплотнения грунта в среднем по отдельным рассматриваемым областям сооружения;

информацию, характеризующую средние величины изучаемых показателей применительно к рассматриваемому сооружению за определенный период времени, принятую за единицу измерения, например за три года;

пространственную информацию, характеризующую изучаемое явление в каждой отдельной области грунтового массива относящейся к одному и тому же конкретному гидротехническому сооружению; временные ряды, описывающие явление на каждом изучаемом объекте.

Пространственная информация о состоянии и степени уплотнения грунта в теле сооружения отражает влияние предшествующих периодов времени [5]. В свою очередь она оказывает влияние на формирование информации, которая будет характеризовать состояние сооружения в будущем. В этом и заключается динамический характер пространственной информации. В то же время при использовании пространственной информации для построения уравнений регрессии трудно выяснить изменение влияния характерных факторов-аргументов во времени. Кроме того она не позволяет учесть запаздывание влияния факторов. В этом заключается статичность пространственной информации. Совместное использование информации, характеризующей динамику явления, и пространственной информации позволит построить модели, пригодные для практического использования [5].

Модели, при построении которых используется информация такого рода, широко применяются, как в отечественной практике, так и за рубежом, однако при этом возникают две математические проблемы – автокорреляция и мультиколлинеарность.

Метод наименьших квадратов, для нахождения оценок коэффициентов регрессии, основан на предпосылке о независимости друг от друга отдельных наблюдений по одной и той же переменной. При обследовании гидротехнического сооружения и выявления характерных показателей, наблюдения зависят друг от друга, то есть между ними существует автокорреляция. Поэтому оценки коэффициентов регрессии не имеют оптимальных статистических свойств. Наличие автокорреляции приводит к искажению величины среднеквадратических ошибок коэффициентов регрессии,

что затрудняет построение доверительных интервалов, для коэффициентов регрессии, а также проверку их значимости. Кроме того автокорреляция приводит к сокращению числа эффективных наблюдений, так как разброс степени уплотнения грунта в теле одного сооружения ни одно и то же, чем разброс степени уплотнения пяти различных низконапорных грунтовых плотин. В первом случае мы имеем дело лишь с одним независимым наблюдением по ряду переменных ввиду того, что состояние этого объекта в n -м году определяется его состоянием в предыдущие годы. Во втором же случае рассматриваются пять независимых наблюдений.

Автокорреляция в отклонениях от проектных значений, а также в случайных остатках уравнений регрессии, построенным по многомерным временным рядам возникает по следующим причинам. Во-первых, если в модели неучтен существенный фактор, например влажность грунта, то его влияние отражается на величине отклонений, которые показывают закономерность в изменении, связанную с изменением неучтенного фактора. Во-вторых, когда в модели не учитывается несколько факторов, влияние каждого из которых в отдельности незначительно, то при совпадении изменения этих факторов по направлению и по фазе, в отклонениях может возникнуть автокорреляция. В-третьих, автокорреляция в отклонениях может появиться в случае, когда неправильно выбрана форма связи между зависимой и независимой переменными. И на конец, в-четвертых, автокорреляция может возникнуть не в результате допущенных ошибок при построении модели, а вследствие особенностей внутренней структуры случайного компонента [5].

Для выявления наличия автокорреляции в отклонениях от регрессионной модели используется критерий Дурбина-Уотсона d , который определяется по формуле:

$$d = \frac{\sum_{t=1}^n (\varepsilon_{t+1} - \varepsilon_t)^2}{\sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2}, \quad (1)$$

где ε_t – случайные отклонения от тренда или регрессионной модели.

Например, при проведении обследования низконапорной грунтовой плотины и выявления значения характерного критерия k_{com} (коэффициент уплотнения), естественно возникает разброс значений данного показателя. Такой разброс возникает в силу естественных причин, например, k_{com} в нижней части будет иметь большее соответствие

проектным значениям, чем в верхних слоях в силу того, что исследуемый образец грунта испытывает большее давление от грунтовой массы тела плотины, чем образец грунта в верхних частях сооружения и т. д. Поэтому можно рассмотреть распределение значений критерия k_{com} для положительной автокор-

реляции при 5%-ом уровне значимости, представив результаты обследования в сводной таблице. В этой таблице d_1 и d_2 , – соответственно нижняя и верхняя границы критерия $K_{\text{уп}}$; V_i – число переменных в исследуемом образце грунта, n – длина временного ряда.

Распределение характерного значения $K_{\text{уп}}$ для положительной автокорреляции (для 5% -ного уровня значимости) по примеру распределения критерия Дурбина-Уотсона

№ слоя	V=1		V=2		V=3		V=4		V=5	
	d_1	d_2	d_1	d_2	d_1	d_2	d_1	d_2	d_1	d_2
1	0,1	0,36	0,45	0,6	0,36	0,62	0,25	0,71	0,68	0,81
2	0,1	0,37	0,48	0,6	0,36	0,62	0,25	0,72	0,68	0,81
3	0,13	0,38	0,52	0,61	0,37	0,62	0,26	0,73	0,69	0,82
4	0,16	0,39	0,55	0,61	0,38	0,63	0,27	0,74	0,70	0,83
5	0,18	0,40	0,58	0,62	0,39	0,64	0,28	0,75	0,71	0,84
6	0,20	0,41	0,58	0,63	0,39	0,65	0,29	0,76	0,71	0,85
7	0,22	0,42	0,59	0,64	0,40	0,66	0,30	0,77	0,72	0,86
8	0,24	0,43	0,60	0,65	0,41	0,67	0,31	0,78	0,73	0,87
9	0,26	0,44	0,62	0,65	0,42	0,68	0,32	0,79	0,74	0,88
10	0,27	0,45	0,64	0,66	0,43	0,69	0,33	0,79	0,75	0,89
11	0,29	0,45	0,66	0,67	0,44	0,70	0,34	0,79	0,76	0,90
12	0,30	0,46	0,68	0,68	0,45	0,71	0,35	0,80	0,77	0,91
13	0,32	0,47	0,69	0,73	0,46	0,72	0,36	0,81	0,78	0,92
14	0,33	0,48	0,70	0,74	0,46	0,72	0,37	0,81	0,79	0,93
15	0,34	0,48	0,70	0,75	0,47	0,73	0,38	0,82	0,80	0,94
16	0,35	0,49	0,71	0,76	0,47	0,73	0,39	0,82	0,81	0,94
17	0,36	0,5	0,72	0,77	0,48	0,74	0,40	0,83	0,82	0,95
18	0,37	0,5	0,73	0,78	0,49	0,75	0,41	0,83	0,83	0,95
19	0,38	0,51	0,74	0,78	0,50	0,76	0,42	0,84	0,84	0,95
20	0,39	0,51	0,75	0,79	0,51	0,77	0,43	0,85	0,85	0,96
21	0,40	0,52	0,75	0,8	0,52	0,78	0,44	0,86	0,86	0,96
22	0,41	0,52	0,75	0,81	0,53	0,79	0,45	0,87	0,87	0,96

Таким образом, величина d , рассчитанная по формуле (1), сравнивается с d_1 и d_2 (таблица). Возможны три случая:

если $d < d_1$, гипотеза об отсутствии автокорреляции в отклонениях отвергается;

если $d < d_2$, то гипотеза об отсутствии автокорреляции принимается;

если $d_1 \leq d \leq d_2$, то необходимы дальнейшие исследования (например, по большому числу наблюдений);

Величина d может принимать значения в интервале $0,1 \leq d \leq 1$, причем различные для положительных, и отрицательных коэффициентов. Чтобы проверить значимость отрицательных автокорреляций, нужно вычислить величину $(1 - d)$. Далее проверка осуществляется аналогично тому, как и в случае положительной автокорреляции.

Существует ряд способов исключения или уменьшения автокорреляции во временных рядах. Наиболее очевидным является исключение тренда из временного ряда и переход к случайной компоненте.

Результаты исследований. Для устранения автокорреляции можно использовать прием, основанный на включении времени

в уравнение множественной регрессии в качестве аргумента. Множественная регрессия с отклонениями от линейных тенденций точно эквивалентна прямому введению времени в уравнение регрессии. Это свойство впервые заметили Фриш и Воу. Теорема Фриша и Воу применима не только для линейных тенденций, но и для тенденций, выражающихся многочленами, и вообще для всех ортогональных функций [5].

Но при построении такой модели может возникнуть другая проблема - мультиколлинеарность. Под мультиколлинеарностью понимают наличие сильной корреляции между переменными, которая может существовать вне всякой зависимости между функцией и факторами-аргументами [5]. Она является одновременно и характеристикой и признаком экспериментального исследования, построенного на весьма скудном статистическом материале. При построении модели оценки эксплуатационной надежности низконапорных грунтовых сооружений, мультиколлинеарность представляет собой серьезную опасность, для правильного определения

и эффективной оценки взаимосвязи. При мультиколлинеарности между аргументами существует линейная связь. Если в модель включается два или несколько линейно связанных факторов-аргументов, то наряду с уравнением регрессии имеются и другие линейные отношения.

Мультиколлинеарность затрудняет проведение анализа. Во-первых, усложняется процесс выделения наиболее существенных факторов, поскольку правило, по которому степень влияния аргумента на функцию однозначно определяется абсолютной величиной β – коэффициента, справедливого при условии взаимной некоррелированности или достаточно слабой коррелированности всех факторов, теряет свою силу. Во-вторых, искажается смысл коэффициентов регрессии при попытке их практической интерпретации. В-третьих, возникают осложнения вычислительного характера, а именно эффект слабой обусловленности матрицы системы нормальных уравнений (т. е. близость ее определения к нулю). В такой ситуации получается неопределенной множество значений оценок коэффициентов регрессии.

Формально диагональные элементы матрицы, обратной к матрице системы нормальных уравнений, которые соответствуют линейно зависимым аргументам, обращаются в бесконечность, так же как и дисперсии вышеупомянутых оценок этих коэффициентов надежности, порождаемые мультиколлинеарностью независимых переменных, свидетельствуют о слабой информативности статистических данных, а, следовательно, о низком качестве определяемых параметров. Увеличение дисперсий оценок для коэффициентов мультиколлинеарной регрессии фактически порождает тенденцию неоправданного исключения некоторых существенных переменных из уравнения регрессии.

Мультиколлинеарность составляет проблему только в том случае, если она оказывает, по меткому выражению Феррара и Глобера, «пагубное воздействие» на ту часть множества независимых переменных, например плотность грунта, влажность грунта, плотность частиц грунта и т. д. которая играет решающую роль в анализе. В отношении этих переменных необходимо ввести соответствующую процедуру, основанную на получении некоторой новой дополнительной информации. Получение

этой информации может состоять в использовании некоторых субъективных оценок, в дополнительном сборе исходных данных, при применении некоторых оценок полученных в других аналогичных исследованиях (условная регрессия) и т. д. [5].

Решение проблемы мультиколлинеарности можно разбить на пять основных этапов:

- определение самого факта существования мультиколлинеарности;

- измерение степени мультиколлинеарности;

- определение области мультиколлинеарности на множестве независимых переменных;

- установление причин мультиколлинеарности;

- определение мер по установлению мультиколлинеарности.

При исследовании гидротехнических сооружений и построении многофакторной модели, между аргументами существуют линейные соотношения, которые в простейшем случае находят свое выражение в высокой величине коэффициентов парной корреляции между отдельными факторами. Поэтому два аргумента коллинеарны, если парный коэффициент корреляции между ними по абсолютной величине больше 0,8.

Более точным, но также достаточно грубым методом является следующий: аргумент W_i (влажность грунта в i -ом образце) можно отнести к числу мультиколлинеарных переменных лишь в том случае, если коэффициент множественной корреляции, характеризующий зависимость этой переменной от всех остальных аргументов, больше, чем коэффициент множественной корреляции, показывающий силу связи между зависимой переменной и множеством всех независимых переменных. Однако, как показывают исследования, мультиколлинеарность характеризует не просто линейную зависимость множества переменных, а их внутреннюю взаимозависимость. Поэтому для определения мультиколлинеарности, очевидно, требуется применить некоторые другие методы. Удачное и вполне верное, определение мультиколлинеарности, данное Ферраром и Глобером, которое формулирует мультиколлинеарность как степень отклонения от ортогональности множества независимых переменных, позволяет продвинуться в статистическом решении проблемы мультиколлинеарности, поскольку ортого-

нальность может быть четко сформулирована, как статистическая гипотеза [5]. Для проверки наличия мультиколлинеарности во множестве независимых переменных эти авторы предлагают использовать показатель:

$$\chi^2 = - \left[n - 1 - \frac{1}{6} (2p + 5) \right] \ln |X^* X|, \quad (2)$$

где n – число наблюдений в каждом исследуемом слое грунта; p – число факторов оказывающих влияние на степень надежности гидротехнического сооружения; X – матрица изучаемых факторов-аргументов; X^* – матрица, транспонирования к матрице X .

Причем этот показатель приближенно имеет распределение χ^2 с $0,5p(p - 1)$ степенями свободы.

С помощью такого критерия можно проверить гипотезу о степени отклонения множества независимых переменных от ортогонального множества, т. е. о наличии мультиколлинеарности. Далее необходимо определить те независимые переменные [4]: ρ_i – плотность грунта, г/см³; W_i – влажность грунта, %; W_{Li} – влажность на границе текучести (верхний предел пластичности), %; $m_{<5i}$ – содержание в пробе грунта частиц менее 5 мм (%), которые наиболее сильно подвержены влиянию взаимозависимости.

В качестве критерия оценки степени мультиколлинеарности на рассматриваемые независимые переменные можно использовать диагональные элементы матрицы, обратной к матрице системы нормальных уравнений

$$\omega = (C_{ii} - 1) \left(\frac{n - p}{p - 1} \right), \quad (3)$$

где C_{ii} – i -ый диагональный элемент матрицы, обратной к матрице системы нормальных уравнений.

Зная, какие независимые переменные из всего множества независимых переменных являются мультиколлинеарными, можно с достаточной степенью точности определить характер взаимозависимости между мультиколлинеарными членами множества независимых переменных.

Для этой цели можно использовать недиагональные элементы матрицы или полученные на их основе коэффициенты частной корреляции между мультиколлинеарными независимыми переменными и всеми остальными независимыми переменными изучаемыми в ходе обследования гидротехнического сооружения. При этом существенную помощь может оказать величина t -критерия для коэффициента

частной корреляции.

Причины мультиколлинеарности могут быть установлены в ходе глубокого практического анализа образцов грунта и возможной взаимосвязи одних показателей грунта между другими. Среди мер по устранению или уменьшению мультиколлинеарности можно отметить следующие [5]:

построение уравнений регрессии по отклонениям от тренда или по конечным разностям;

привлечение дополнительной информации путем введения дополнительных критериев оценки эксплуатационной надежности низконапорной грунтовой плотины, а также назначения дополнительных контрольных точек для отбора проб грунта, с целью повышения базы статистических данных о состоянии сооружения;

преобразование множества независимых переменных в несколько ортогональных множеств, используя для этой цели методы многомерного статистического анализа (факторного анализа и метода главных компонент);

исключения из рассмотрения одного или нескольких линейно связанных аргументов, хотя последнее нужно применять с особой осторожностью потому, как ошибочное исключение характерного аргумента может в итоге привести к увеличению ошибки конечного результата.

Решение проблемы прогнозирования эксплуатационного состояния низконапорных гидротехнических сооружений возможно только на основе анализа определенного объема данных и его обобщения. Построение многофакторных моделей оценки надежности низконапорных гидротехнических сооружений есть задача многокритериальная и требующая комплексного подхода к сбору, анализу и обобщению результатов статистических данных и практических показателей грунтов сооружения на момент обследования. Помимо скрупулезного изучения физико-механических свойств грунтов, при построении многокритериальных моделей оценки эксплуатационной надежности низконапорных грунтовых плотин и прогноза их дальнейшего состояния необходимо также учитывать правильность постановки и реализации математического аппарата применительно к данной проблеме.

Выводы

Все вышеизложенное в комплексном применении позволит с достаточной для

практических целей точно оценить эксплуатационное состояние сооружения и, при его квалификации как аварийного или потенциально опасного, принимать необходимые меры по обеспечению его надежности и безопасности.

Библиографический список

1. World Register of Dams. – Paris: ICOLD, 1985. – 753p.
2. Жарницкий В. Я., Андреев Е. В. Особенности влияния неэксплуатационных динамических нагрузок на гидротехнические сооружения // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 5. – С. 25–29.
3. Жарницкий В. Я., Андреев Е. В. Принципы мониторинга технического состояния низконапорных грунтовых плотин, попадающих в группу риска на основании экспертного заключения // Природообустройство. – 2013. – № 1. – С. 38–42.
4. Жарницкий В. Я., Андреев Е. В. Методы оперативного установления строительных показателей глинистых грунтов, уложенных в тело низконапорных плотин // Природообустройство. – 2014. – № 1. – С. 44–49.
5. Кильдешев Г. С., Френкель А. А.

Анализ временных рядов и прогнозирование. – М.: Статистика, 1973. – 104 с.

Материал поступил в редакцию 11.01.2016.

Сведения об авторах

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

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

Баяк Олег Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Теория вероятностей и математическая статистика»; ФГБОУ ВО Финансовый университет; Москва, ГСП-3, 125993, Ленинградский проспект, д. 49; e-mail; oleg_bayuk@mail.ru; тел. 8-926-135-12-69.

V. YA. ZHARNITSKY, E. V. ANDREEV

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

O. A. BAYUK

The Federal state budget educational institution of higher education
«Financial university under the Government of the Russian Federation», Moscow

MULTIPLE-FACTOR MODELING OF THE FORECAST OF RELIABILITY ASSESSMENT OF HYDRAULIC STRUCTURES USING DATA ARRAY

For increasing the objectivity, reduction of cost, labor costs and terms of carrying out inspection it is necessary to apply an integrated approach to the assessment of reliability and safety of soil dams, with application of regression multiple-factor models using a data array of observations over the value change of the generalized indicator of operational reliability. Owing to physical-mechanical properties of low pressure soil constructions, the task of operational reliability and durability demands the solution of a number of methodological and theoretical questions. It is possible to carry out a problem of creation of the statistical and dynamic forecast of durability and operational reliability of the low pressure hydraulic engineering construction in the environment with a limited number of comprehensive basic data about the construction. However there are arising two mathematical problems: autocorrelation and multicollinearity. Therefore besides scrupulous studying of physical-mechanical properties of soils, when building multicriteria models of assessment of the operational reliability of low pressure soil dams and forecast of their further state it is important to consider the correctness of statement and realization of the mathematical apparatus in relation to this problem.

Low pressure soil dams, longevity, multiple-factor model, period of observations, time series, statistical data, actual levels of a time series, forecast of the state.

References

1. World Register of Dams. – Paris: ICOLD, 1985. – 753p.
2. Zharnitsky V. Ya., Andreev E. V. Osobennosti vliyaniya neeksploatatsionnykh dinamicheskikh nagruzok na gidrotehnicheskiye sooruzheniya // Izvestiya vuzov. Geodeziya I aerophotosjemka. – 2012. – № 5. – P. 25–29.
3. Zharnitsky V. Ya., Andreev E. V. Printsipy monitoring tehnicheskogo sostoyaniya nizkonapornykh gruntovykh plotin, popadayushchih v gruppu riska na osnovanii ekspertnogo zaklyucheniya // Prirodoobustroistvo. – 2013. – № 1. – S. 38–42.
4. Zharnitsky V. Ya., Andreev E. V. Metody operativnogo ustanovleniya stroitelnykh pokazatelej glinistyykh gruntov, ulozhennykh v telo nizkonapornykh plotin // Prirodoobustroistvo. – 2014. – № 1. – S. 44–49.
5. Kiljdeshev G. S., Frenkelj A. A. Analiz vremennykh ryadov I prognozirovaniye. – M.: Statistika, 1973. – 104 s.

Received on 11.01.2016.

Information about the authors

Zharnitsky Valeriy Yakovlevich, doctor of technical sciences, professor of the chair «Bases and foundations, construction and expertise of objects of estate property»; FSBEI HERSAU-MAA named after C. A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. B. Akademicheskaya, 44; e-mail: zharnitskiy@mail.ru; tel. +7-905-720-30-72. of technical sciences.

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

Bayuk Oleg Alexandrovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Theory of probabilities and mathematical statistics»; FSBEI HE Financial university; Moscow, GSP-3, 125993, Leningradsky prospect, 49; e-mail: oleg_bayuk@mail.ru; тел. 8-926-135-12-69.

УДК 502/504:551.48:626.81:627.81

В. И. КЛЁПОВ

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

И. В. РАГУЛИНА

Областное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Курский институт развития образования», г. Курск

СООТНОШЕНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО БАЛАНСА В БАССЕЙНЕ РЕКИ МОСКВЫ

Рассмотрены основные особенности составления водохозяйственного баланса речного бассейна на примере бассейна р. Москва. Показана роль и место обводнительных попусков в составе водохозяйственного баланса на основе анализа проектных материалов и литературных источников. В настоящее время не существует единой методики оценки допустимых объемов обводнительных попусков в водные объекты, в том числе в нижние бьефы водохранилищ гидроузлов, отсутствует также единообразие в терминах. Различными авторами понятие обводнительных попусков в нижние бьефы гидроузлов и водозаборов определяется по-разному: минимально допустимые, минимально необходимые расходы воды, рыбохозяйственные попуски, сельскохозяйственные попуски, транспортные попуски, санитарные попуски и др. Попуски из водохранилищ в бассейне р. Москвы должны обеспечивать гарантированный расход воды в створе Рублевской плотины в размере $29 \text{ м}^3/\text{с}$ с расчетной обеспеченностью 97 % по числу бесперебойных лет. Только в чрезвычайных условиях допускается его снижение до $20 \text{ м}^3/\text{с}$. Водный режим реки на этом участке определяется также переброской волжской воды по каналу имени Москвы через судоходные шлюзы по деривационному каналу из Химкинского водохранилища в р. Сходню и по Лихоборскому сбросу в р. Яузу.

Речной сток, обводнительные попуски, водохранилище, система водохранилищ, водообеспечение.

Введение. Термин водохозяйственный баланс применяется многими специалистами, работающими в области водохозяйственного проектирования и строительства для того, чтобы отличить это понятие от водного баланса. Термин водный баланс характеризует распределение и пути перемещения влаги по земной поверхности, а применительно к речным бассейнам – баланс атмосферных осадков, испарения, поверхностного и подземного стока. Водохозяйственный баланс устанавливает соотношение между водными ресурсами некоторого района и водопотреблением, складывающиеся при определенном уровне развития отраслей экономики и населения, включая интересы окружающей природной среды. Иными словами, водохозяйственный баланс является результатом сопоставления располагаемых водных ресурсов (объемов поверхностных и подземных вод, доступных для многолетнего гарантированного использования) и расчетного водопотребления при прогнозируемом уровне развития экономики [6].

Водохозяйственные балансы составляются для речных бассейнов, частей бассейнов и водохозяйственных участков. Расчет водохозяйственных балансов осуществляется по расчетным створам, являющимся замыкающими для вышерасположенных частей речного бассейна. Количество доступных для использования водных ресурсов в границах расчетного водохозяйственного участка определяется как сумма объема стока, поступившего с вышележащего участка рассматриваемого водного объекта и объема стока, формируемого в пределах расчетного водохозяйственного участка. Потребности в водных ресурсах для расчетного водохозяйственного участка включают потребности в водных ресурсах всех нижележащих водохозяйственных участков, а также объем обводнительного попуска.

Методы исследования. Структура стандартного водохозяйственного баланса включает приходную (П) и расходную (Р) части, а также результат водохозяйственного баланса. Результат водохозяйственного баланса характеризуется наличием резервов ($P \geq R$) или дефицитов ($P < R$) стока [7].

Уравнение водохозяйственного баланса в общем виде имеет следующее выражение:

$$B = W_{\text{вх}} + W_{\text{бок}} + W_{\text{пзв}} + W_{\text{вв}} + W_{\text{дот}} \pm \pm \Delta V \pm W_{\text{л}} - W_{\text{исп}} - W_{\text{ф}} - W_{\text{у}} - W_{\text{пер}} - W_{\text{вдп}} - W_{\text{кп}},$$

где $W_{\text{вх}}$ – объем стока, поступающий за расчетный период с вышележащих участков рассматриваемого водного объекта; $W_{\text{бок}}$ – объем воды, формирующийся за расчетный период на расчетном водохозяйственном участке (боковая приточность); $W_{\text{пзв}}$ – объем водозабора из подземных водных объектов, осуществляемый в порядке, установленном законодательством; $W_{\text{вв}}$ – возвратные воды на водохозяйственном участке: подземные и поверхностные воды, стекающие с орошаемых территорий, сточные и (или) дренажные воды, отводимые в водные объекты; $W_{\text{дот}}$ – дотационный объем воды, поступающий на водохозяйственный участок из систем территориального перераспределения стока (межбассейновые и внутрибассейновые переброски); $\pm \Delta V$ – сработка или наполнение водохранилищ на расчетном водохозяйственном участке; $W_{\text{л}}$ – потери воды при оседании льда на берега при зимней сработке водохранилища и/или возврат воды в результате таяния льда весной; $W_{\text{исп}}$ – потери на дополнительное испарение с акватории водоемов; $W_{\text{ф}}$ – фильтрационные потери из водохранилищ, каналов, других поверхностных водных объектов в пределах расчетного водохозяйственного участка; $W_{\text{у}}$ – уменьшение речного стока, вызванное водозабором из подземных водных объектов, имеющих гидравлическую связь с рекой; $W_{\text{пер}}$ – переброска части стока (объема воды) за пределы расчетного водохозяйственного участка; $W_{\text{вдп}}$ – суммарные требования всех водопользователей данного расчетного водохозяйственного участка; $W_{\text{кп}}$ – требуемая величина стока в замыкающем створе; B – результирующая составляющая (избыток или дефицит водных ресурсов) водохозяйственного участка.

Результаты водохозяйственного баланса фиксируют величину дефицита водных ресурсов D , резерв воды $W_{\text{рез}}$ и проектный (транзитный) сток $W_{\text{пс}}$ на следующий водохозяйственный участок.

В современных условиях, исходя из охраны природы, необходимо в реках резервировать необходимый объем обводнительного попуска. Величина этого попуска зависит от водности реки, типа реки, водной и околородной флоры и фауны. Чем выше обводнительный попуск, особенно в период половодья, тем ниже регулирующая создаваемых и эксплуатируемых водохранилищ. Поэтому одним из основных вопросов рационального регулирования стока водохранилищами и оптимального распределения водных ресурсов между участниками водохозяйственного комплекса (ВХК) является вопрос установления экологических (природоохранных), в том числе и санитарных, попусков в нижние бьефы гидроузлов [3–5]. При минимально допустимых расходах воды не должно быть обратного тока реки

под влиянием ветра, течений, а также должна гарантироваться такая проточность, которая исключает промерзание рек зимой (кроме тех, которые промерзают в естественных условиях).

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

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

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

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

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

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

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ многочисленных проектных материалов и литературных источников показывает, что в настоящее время не существует единых методических подходов к оценке допустимых объемов обводнительных попусков в водные объекты, в том числе в нижние бьефы водохранилищ гидроузлов, отсутствует также единообразие в терминах. Нет единого толкования характеристик стока, оставляемых ниже створов регулирования и изъятия водных ресурсов. Используемый в практике водохозяйственного проектирования подход к определению минимально допустимых (санитарных) расходов воды, принимаемых по минимальным расходам воды года 95%-ной обеспеченности, экологически не обоснован и уже привел к существенным изменениям состояния водных экосистем [8].

Методика назначения рационального объема обводняемых объектов рассмотрена на примере бассейна р. Москва. Обводнительные попуски в этом бассейне были установлены при проектировании канала имени Москвы. Для р. Москвы предусматривался обводнительный попуск из канала в размере 25 м³/с, с учетом санитарного попуска в нижний бьеф Рублевского гидроузла в размере 5 м³/с. Это означало, что минимальный расход в створе сооруженного в 1937 г. Карамышевского гидроузла на р. Москва не будет ниже 30 м³/с (по сравнению с 7 м³/с в естественных условиях). Принцип разбавления, по-видимому, был применен при назначении обводнительных расходов на реках: Уча, Клязьма и Яуза (1 м³/с, 4 м³/с и 5,9 м³/с соответственно). В дальнейшем гарантированный обводнительный попуск из канала в р. Москву был увеличен до 31 м³/с. Начиная с 1986 г., правилами управления водными ресурсами канала была предусмотрена возможность осуществления компенсационного режима подачи волжской воды в р.Москвустаким расчетом,чтобыминимальный расход в створе Карамышевского гидроузла был не ниже 35 м³/с. Обводнительные расходы на реках Уча, Клязьма и Яуза во всех предыдущих водно-балансовых расчетах сохранялись на прежнем уровне. Из приведенных цифр складывается суммарная величина расходной части водохозяйственного баланса в бассейне р. Москвы на обводнение, равная 45 м³/с.

Наибольший обводнительный попуск в Московском регионе осуществляется из канала имени Москвы. С самого начала установления обводнительных попусков в р. Москву и ее притоки и до настоящего времени надежность их обеспечения нигде не регламентировалась. Однако практически во

всех проработках по водоснабжению Москвы надежность обеспечения обводнительных попусков принималась такой же, как и для коммунально-бытового и промышленного водопотребления. На самом деле, обводнительные попуски в заданных параметрах обеспечиваются с более низкой надежностью.

Таблица 1

Перечень объектов и объемов обводнения рек Московского региона

№	Река	Куда впадает	Объем обводнения, м ³ /с	Среднегодовой расход воды, м ³ /с	Длина реки, км
1	Москва	Ока	25,0...30,0	50,1 (Павшино)	146
2	Сходня	Москва	—	1,82	47,0
3	Яуза	Москва	5,9	0,56	48,0
4	Клязьма	Ока	4,0	—	245,0
5	Уча	Яуза	1,0	—	—
6	Серебрянка	Хапиловка	1,0	0,028	12,0
7	Лихоборка	Яуза	3,0	0,5	16,0
8	Сетунь	Яуза	—	1,33	38,0
9	Городня	Москва	—	0,76	16,0
10	Хапиловка	Яуза	—	—	—
11	Чертановка	Городня	—	0,032	—

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

Обводнительные попуски в нижние бьефы гидроузлов устанавливаются на стадии проектирования в соответствии со строительными нормами и правилами. Эти попуски должны соответствовать естественному расходу воды в реке 95 % обеспеченности, имевшие место до сооружения гидроузла. Характеристика обводнительных попусков в нижние бьефы гидроузлов Московского региона представлена в таблице 2. В этой таблице приведены обводнительные попуски в нижние бьефы

гидроузлов, функционирующих в настоящее время в соответствии с «Основными положениями правил» водохранилищ Московского региона, а также естественные расходы воды 95% обеспеченности, имевшие место в естественных условиях. Как следует из таблицы, эти значения достаточно близки. Как известно, водообеспечение крупного региона, которым бесспорно является Московский регион, подразумевает совокупность питьевого, коммунально-бытового, промышленного и обводнительного видов удовлетворения потребностей в воде. Как показывает практика, наиболее отчетливо проблема надежности проявляется сейчас в отношении именно обводнительных попусков.

Таблица 2

Характеристика обводнительных попусков в нижние бьефы гидроузлов Московского региона

Водохранилище	Зарегулированный расход воды в нижний бьеф гидроузла, м ³ /с	Естественный расход воды 95% обеспеченности, м ³ /с	Естественный расход воды 97% обеспеченности, м ³ /с
Верхневолжское	15,0	8,0	7,5
Иваньковское	20...25	12,5	10,0
Можайское	1,5	0,8	0,7
Рузское	1,0	0,6	0,5
Озернинское	1,0	0,6	0,5
Истринское	1,0	0,6	0,5
Вазузское	5,0	3,7	3,5
Яузское	0,3	0,1	0,1

Отсутствие нормативов надежности для этого вида водопользования приводит к

тому, что эти попуски являются замыкающими водохозяйственный баланс водополь-

зователями. Отчетные данные, а также подробные водохозяйственные балансы, разработанные для Московского региона, показывают, что даже в условиях не крайне маловодных лет, обводнительные попуски снижаются против рекомендуемых величин. Нужно заметить, что ни в техническом проекте Канала имени Москвы (1934 г.), ни в существующих «Основных положениях правил использования водохранилищ водораздельного бьефа канала имени Москвы», ни в последующих регламентирующих документах, режим попусков в условиях дефицита водных ресурсов не определялся.

Это с одной стороны, позволяет достаточно свободно управлять режимом работы системы, а с другой, включая в расходную часть водохозяйственных балансов обводнительные попуски на равных условиях с другими водопользователями, получать определенный резерв воды в системе на случай наступления маловодий. В качестве примера можно отметить 1996 г., когда обводнительный попуск частично использовался на подпитку Рублевской насосной станции первого подъема.

Очевидно, что следует ввести для обводнительных попусков двухступенный норматив обеспеченности, один из которых относился бы к величине обязательного во всех условиях водности обводнительного попуска в требуемом по экологическим или санитарным условиям режиме, и второй – для условий нормальной водности. Естественно, что пониженные обводнительные попуски должны предусматривать выполнение всех мероприятий по поддержанию санитарных и экологических требований к водным ресурсам. Второй норматив, по нашим расчетам может составить около 90 % по числу бесперебойных лет и относиться к обводнительному попуску в р. Москву [8].

Для водохранилищ в бассейне р. Москвы как объектов, создающихся с целью управления поверхностным стоком, изменение водных режимов имеет принципиальное значение в формировании гидрологического режима и функционирования экосистемы. Функционирование экосистем водохранилищ и с ним тесно связанное качество воды в них во многом определяется как стратегическими параметрами (размерами гидроузлов и водохранилищ, высотой плотины и т. д.), так и режимными параметрами водохранилищ. Чрезвычайно важным обстоятельством является то, что в водохранилищах имеется возможность целенаправленного

управления интенсивностью и направленностью внутриводоемных процессов, что невозможно в естественных водоемах без создания специальных гидротехнических сооружений. Используя существующие, хотя приближенные, связи между стратегическими и тактическими (режимными) параметрами и параметрами внутриводоемных процессов можно приблизиться к решению задач управления круговоротом энергомассообмена в экосистеме водохранилищ и тем самым, к достижению важнейшей цели современной гидроэкологии – управлению качеством воды в водохранилищах.

Выводы

Природоохранные требования со стороны нижнего бьефа водохранилищ гидроузлов обеспечиваются экологическими (санитарными) попусками. Указанные попуски не могут приниматься постоянной величиной, тем более равной величине межennaleго стока 95 % обеспеченности. Принятие того или иного варианта формирования экологически безопасного гидрографа попусков осложняется отсутствием в настоящее время методов и четко нормированных требований к режиму водных объектов, критериев допустимости того или иного воздействия на природные комплексы. Отсутствуют также методы научно-обоснованной экономической оценки ущерба от неадекватности воды отдельным участникам водохозяйственных комплексов.

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

Попуски из водохранилищ в бассейн р. Москвы должны обеспечивать согласно основным положениям «Правил использования водных ресурсов водохранилищ Москворецкой водной системы» гарантированный расход воды в створе Рублевской плотины в размере 29 м³/с с расчетной обеспеченностью 97% по числу бесперебойных лет. И лишь в чрезвычайных условиях допускается его снижение до 20 м³/с. Водный режим реки на этом участке определяется также переброской волжской воды по Каналу имени Москвы через судоходные шлюзы по деривационному каналу из Химкинского водохранилища

в р. Сходню и по Лихоборскому сбросу в р. Яузу.

Библиографический список

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

зяйственные расчеты. – Л.: Гидрометеоздат, 1952. – 392 с.

7. Методические указания о составе, содержании, порядке разработки, согласования, утверждения, уточнения схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов: ИВН 33-5.1.07-87. – М.: Минмелиоводхоз СССР, 1987. – 67 с.

8. Исмаилов Г. Х., Клепов В. И. Разработка методики определения рациональных объемов обводнительных попусков в Московском регионе // Природообустройство. – 2014. – № 4. – С. 70–75.

Материал поступил в редакцию 15.02.2016.

Сведения об авторах

Клёпов Владимир Ильич, доктор технических наук, доцент кафедры «Гидрология, гидрогеология и регулирование стока»; ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, Москва, ул. Прянишникова д. 19; e-mail: viklepov@rambler.ru.

Рагулина Ирина Васильевна, старший преподаватель кафедры естественно-математического образования ОГБОУ ДПО «Курский институт развития образования»; 305004 г. Курск, ул. Садовая, 31; e-mail: irinkin@vmail.ru.

V. I. KLEPOV

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

I. V. RAGULINA

The Regional state budget educational institution of additional higher education
«The Kursk institute of development of education», Kursk

RATIO OF COMPONENTS OF THE WATER ECONOMIC BALANCE IN THE BASIN OF THE MOSCOW RIVER

There are considered main features of drawing up the water balance of a river basin by an example of the river Moscow basin. There is shown the role and place of watering releases as a part of the water balance, based on the analysis of design materials and literary sources. As shown by the performed analysis of numerous design materials and literary sources, currently there is no single methodology for assessing the allowable watering amounts of releases to water bodies including downstream hydraulic units, there is no uniformity in terms too. The concept of watering releases downstream waterworks and water intake is defined differently by various authors: minimumally acceptable, minimally necessary water consumptions, fishery economic releases, agricultural releases, transportation releases, sanitary discharges, etc. Releases from water reservoirs of the river Moscow basin must provide a guaranteed water consumption in the range of the Rublevskaya dam in the size of 29 m³/s with the calculated water content 97 % on the number of regular years. Only under extreme conditions its reduction up to 20 m³/s is permitted. The river water regime in this part is determined also by transfer of the Volga water along the canal named after Moscow through navigable locks by the diversion canal from the Khimki reservoir into the river Skhodnya and along the Likhoborsky discharge into the Yauza river.

River runoff, water releases, water reservoir, reservoir system, water supply.

References

1. Asarin A. E. Metodicheskie ukazaniya po sostavleniyu pravil ispol'zovaniya vodnykh resursov vodohranilishch hidrouzlov electrostantsij [text]/ A. E. Asarin, K. N. Bestuzheva, A. Sh. Reznikovskiy [i dr.]. – M.: Mintopenergo Rossii, 2000. – 56 s.
2. Fashchevsky B. V. Osnovy ekologicheskoy gidrologii – Minsk: 1996. – 240 s.
3. Dubinina V. G. Metodicheskie osnovy ekologicheskogo normirovaniya bezvozvratnogo iz'iyatiya rechnogo stoka I ustanovleniya ekologicheskogo stoka (popuska). – M.: Ekonomika i informatika, 2001. – 120 s.
4. Lebedeva I. P. Spetsialnye popuski v nizhniye b'efy, ih prirodoohrannoye znachenie: avtoref. dis. ... cand. tehn. nauk. – M.: IVP AN SSSR, 1986. – 25 s.
5. Klepov V. I. Upravlenie prirodoohranami popuskami v bassejne Verhnej Volgi kak sposob povysheniya nadezhnosti vodoobespecheniya Moskovskogo regiona // Vodnuyye resursy. – 2007. – № 5. – S. 626–630.
6. Kritsky S. N., Menkelj M. F. Vodohozyajstvennye raschety. – L.: Gidrometeoizdat, 1952. – 392 s.
7. Metodicheskie ukazaniya o sostave, soderzhanii, poryadke razrabotki, soglasovaniya, utverzhdeniya, utochneniya shemy complexnogo ispol'zovaniya I ohrany vodnykh resursov: IVN 33-5.1.07-87. – M.: Minmeliovodhoz SSSR, 1987. – 67 s.
8. Ismaiyllov G. H., Klepov V. I. Razrabotka metodiki opredeleniya ratsionalnykh objemov obvodnitelnykh popuskov v Moskovskom regione // Prirodoobustroistvo. – 2014. – № 4. – S. 70–75.

Received on 15.02.2016.

Information about the authors

Klepov Vladimir Il'yich, doctor of technical sciences, associate professor of the chair «Hydrology, hydrogeology and regulation of flow»; FSBEI HE RSAU-MAA named after C. A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, d.19; e-mail: viklepov@rambler.ru.

Ragulina Irina Vasiljevna, senior lecturer of the chair of natural-mathematical education OGBOU DPO «The Kursk institute of educational development»; 305004 Kursk, ul. Sadovaya, 31; e-mail: irinkin@vmail.ru.

УДК 502/504:626/627

Д. В. КОЗЛОВ

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

Ф. В. МАТВЕЕНКОВ

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, г. Москва

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

В 1997 году в целях обеспечения безопасности гидротехнических сооружений в России был принят Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений», который и в настоящее время регулирует правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации ГТС. Рассмотрена классификация гидротехнических сооружений с учетом их потенциальной опасности. Выполнен количественный и качественный анализ состояния ГТС, расположенных на территории России и принадлежащих различным ведомствам. Анализируется информация из Российского регистра ГТС, на основе которой выполнена оценка уровней безопасности гидротехнических сооружений России. Анализ уровней безопасности гидросооружений, выполненный с использованием официальных данных Российского регистра гидротехнических сооружений, показал, что нормальный уровень безопасности имеют 39,4 % комплексов ГТС от их общего количества, а опасный уровень безопасности – 4,7 % гидроузлов. На основе результатов надзорных мероприятий, проводимых Ростехнадзором, выявлен ряд недостатков в работе ГТС, подлежащих обязательному исправлению. Обсужден проект федерального закона № 914182-6 «О внесении изменений в Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений», показаны нерешенные в законопроекте проблемы, существующие в области государственного регулирования безопасности гидротехнических сооружений.

Гидротехническое сооружение, безопасность сооружения, класс сооружения, срок эксплуатации, надзорное мероприятие, государственное регулирование, декларация безопасности, эксплуатационная надежность, уровень безопасности, законопроект.

Введение. В последнее десятилетие проблема безопасности гидротехнических сооружений (ГТС) ставилась на разных уровнях исполнительной и законодательной власти Российской Федерации, была предметом особого внимания, изучения и исследования эксплуатирующих организаций, научных и проектных институтов, в первую очередь топливно-энергетического, водохозяйственного и агропромышленного комплексов страны, обсуждалась на специализированных форумах, симпозиумах, конференциях в этой области. Особенно остро вопросы безопасности гидротехнических сооружений встали после аварии 17 августа 2009 года на Саяно-Шушенской гидроэлектростанции имени П. С. Непорожного. Как показала многолетняя практика, аварии, вызванные ненадлежащей эксплуатацией гидротехнических сооружений, приводят, в том числе к многочисленным человеческим жертвам, а восстановительные работы требуют значительных материальных и трудовых ресурсов.

Методы исследований. Разнообразие гидросооружений по функциональному назначению и отраслевой принадлежности создает определенные трудности в решении задач их безопасности [1, 3, 5, 6]. Учитывая важность гидротехнических сооружений для различных отраслей экономики страны, которые входят в состав электростанций (ГЭС, ТЭЦ, ГРЭС, АЭС и др.), хвостохранилищ и шламонакопителей промышленных предприятий, воднотранспортных систем, систем водоснабжения и орошения, особое внимание должно быть обращено на безопасность таких сооружений, большинство из которых построены более 40–70 лет назад. Поэтому задача оценки эксплуатационной надежности гидросооружений с большим сроком эксплуатации является сегодня весьма актуальной.

В целях обеспечения безопасности гидротехнических сооружений 21 июля 1997 года в России был принят Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений», который регулирует правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации ГТС. Федеральным законом № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» урегулированы отношения, возникающие при осуществлении деятельности по обеспечению безопасности гидротехнических сооружений, обязан-

ности органов государственной власти, собственников гидротехнических сооружений и эксплуатирующих организаций по обеспечению безопасности ГТС. Статьей 9 данного Федерального закона ответственность за безопасность ГТС возложена на собственников гидротехнических сооружений и эксплуатирующие организации.

Действующим законодательством Российской Федерации (Постановлением Правительства от 2 ноября 2013 года № 986) предусмотрена классификация гидротехнических сооружений по четырем классам с учетом их потенциальной опасности: I класс – гидротехнические сооружения чрезвычайно высокой опасности; II класс – гидротехнические сооружения высокой опасности; III класс – гидротехнические сооружения средней опасности; IV класс – гидротехнические сооружения низкой опасности.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 23 мая 1998 года № 490 «О порядке формирования и ведения Российского регистра гидротехнических сооружений» определен порядок государственной регистрации и учета гидротехнических сооружений различного назначения, независимо от форм собственности и ведомственной принадлежности в виде Российского регистра ГТС. Регистр представляет собой единую систему учета, регистрации, хранения и предоставления информации о гидротехнических сооружениях России. С 1 января 2016 года ведение Российского регистра гидротехнических сооружений, в том числе государственная услуга по предоставлению информации о гидротехнических сооружениях из Регистра ГТС, осуществляется Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор).

Следует отметить, что Ростехнадзор осуществляет функции по контролю и надзору в сфере безопасности ГТС (за исключением судоходных и портовых ГТС), а вопросы по оказанию государственных услуг и управлению федеральным имуществом в сфере водных ресурсов осуществляют Росводресурсы [6].

Результаты исследований. По состоянию на 2014 год и в соответствии с годовым отчетом о деятельности Ростехнадзора в 2014 году [1], общее количество поднадзорных ему комплексов ГТС промышленности,

энергетики и водохозяйственного комплекса составляет 29964, из них 844 комплекса ГТС жидких промышленных отходов, в том числе 365 комплексов ГТС хвостохранилищ и шламоохранилищ в горнодобывающей промышленности; 377 комплексов ГТС хранилищ отходов предприятий химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности; 102 комплекса ГТС накопителей отходов металлургической промышленности; 568 комплексов топливно-энергетического комплекса; 28552 ГТС водохозяйственного и агропромышленного комплексов (в ведении Минсельхоза России – 1481, Федерального агентства водных ресурсов (Росводресурсов) – 884, бесхозные – 4477, прочие – 21710).

В соответствии со СНИП 33-01-2003 «Гидротехнические сооружения. Основные положения» и СП 58.13330.2012 ГТС классифицируются в зависимости от их высоты и типа грунтов основания по классам и распределены следующим образом: I класса – 116 комплексов; II класса – 332 комплекса; III класс – 669 комплексов; IV класса – 28 847 комплексов [1].

Российский регистр ГТС оценивает следующим образом уровень безопасности гидросооружений:

нормальный уровень безопасности, при котором ГТС не имеют дефектов и повреждений, дальнейшее развитие которых может привести к аварии, а эксплуатация ГТС осуществляется с выполнением норм и правил безопасности, имеют 39,4 % комплексов ГТС от общего количества;

пониженный уровень безопасности, при котором сооружения находятся в нормальном техническом состоянии, но имеются нарушения правил эксплуатации, имеют 43,4 % комплексов ГТС;

неудовлетворительный уровень безопасности, характеризуемый превышением первого (предупреждающего) уровня значений критериев безопасности и ограниченной работоспособностью сооружений, имеют 12,5 % комплексов ГТС;

опасный уровень безопасности, характеризуемый превышением предельно допустимых значений критериев безопасности, потерей работоспособности и не подлежащих эксплуатации, имеют 4,7 % гидроузлов.

По данным Ростехнадзора [1] количество бесхозных ГТС уменьшилось с

5772 (на 1 января 2014 г.) до 4477 (на 31 декабря 2014 г.) сооружений, из них: 515 – с нормальным уровнем безопасности (994 в 2013 году); 3177 – с пониженным уровнем безопасности (3725 в 2013 году); 588 – с неудовлетворительным уровнем безопасности (849 в 2013 году); 197 – с опасным уровнем безопасности (204 в 2013 году).

Подавляющее большинство бесхозных гидросооружений относится к IV классу (4454 ГТС или 99,6 % от их общего количества), 22 ГТС – к III классу и 1 ГТС – к II классу. Более 95 % комплексов ГТС, не имеющих собственника, строились для решения задач мелиорации земель, рекреации, рыбного хозяйства, животноводства и иных хозяйственно-бытовых нужд.

В оперативном управлении федеральных государственных бюджетных учреждений, подведомственных Росводресурсам, находится свыше 300 гидротехнических сооружений в составе 168 комплексов ГТС, в том числе: 29 ГТС в составе 9 комплексов ГТС – I класса опасности; 27 сооружений в составе 7 комплексов ГТС – II класса опасности. Уровень безопасности подведомственных Росводресурсам ГТС оценивается как удовлетворительный, состояние – работоспособное, в установленном порядке обеспечено своевременное декларирование безопасности ГТС.

В соответствии с требованиями Федерального закона № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» подведомственными организациями Росводресурсов на плановой основе осуществляется комплекс мер, направленных на обеспечение безопасной эксплуатации подведомственных ГТС, в том числе: контроль (мониторинг) за показателями состояния ГТС [4]; оценка безопасности ГТС; разработка деклараций безопасности ГТС, включая разработку критериев безопасности, а также правил эксплуатации; проведение регулярных обследований, технического обслуживания оборудования, а также регулярное проведение текущих и капитальных ремонтов и реконструкций; создание финансовых и материальных резервов, предназначенных для ликвидации аварии ГТС; поддержание в постоянной готовности локальных систем оповещения о чрезвычайных ситуациях на ГТС; страхование гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на

опасном объекте (в соответствии с законодательством Российской Федерации об обязательном страховании); организация фактической защиты объектов ГТС [3, 5].

В 2013–2015 годах расходы федерального бюджета на осуществление плановой реконструкции, капитального и текущего ремонта ГТС, подведомственных Росводресурсам, составили 3 469,7 млн рублей.

Регулярные надзорные мероприятия, проводимые Ростехнадзором в последние годы, выявили целый ряд недостатков, подлежащих обязательному исправлению [1, 3]:

- эксплуатация гидроузлов осуществляется без проектной и исполнительной документации;

- не обеспечивается расчетная пропускная способность водопроводящих сооружений гидроузлов, в том числе не обеспечена работа дренажных систем;

- не соблюдаются требования законодательства в области безопасности гидротехнических сооружений в части декларирования безопасности, разработки критериев безопасности и эксплуатации по разработанным инструкциям и проектам мониторинга безопасности ГТС;

- сотрудники служб эксплуатации гидроузлов не имеют должной квалификации, соответствующей проекту (при наличии) и требованиям законодательства в области безопасности гидросооружений;

- несоблюдение требований проектной документации в части наполнения хранилищ, в том числе водохранилищ, выше предельно допустимых объемов, а так же нарушение геометрии гидроузлов;

- количество работоспособной контрольно-измерительной аппаратуры не соответствует проектным решениям, действующим сводам правил и строительным нормам и правилам.

К сожалению, режим надзора российских ГТС сегодня недифференцирован.

В настоящее время в Государственной Думе активно обсуждается проект федерального закона № 914182-6 «О внесении изменений в Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений». Данным законопроектом предлагается установить в отношении ГТС I класса осуществление Ростехнадзором постоянного государственного надзора, кроме того в отношении ГТС I и II классов плановые проверки будут проводиться 1

раз в год, ГТС III класса – 1 раз в 3 года. А вот плановые проверки ГТС IV класса производиться не будут. В законопроекте предлагается также оптимизировать процедуру декларирования безопасности гидротехнических сооружений. Так, в отношении ГТС IV класса на стадии эксплуатации исключается необходимость разработки декларации безопасности. Обязательное декларирование безопасности таких гидротехнических сооружений будет производиться только при их проектировании, консервации или ликвидации. Кроме того, определяется обязанность владельцев гидротехнических сооружений создавать и поддерживать в состоянии готовности локальные системы оповещения на ГТС I и II класса. Следует также отметить, что в законопроекте Правительство Российской Федерации наделяется правом определять порядок продления срока эксплуатации ГТС.

Несмотря на длительное и неоднократное обсуждение законопроекта в Комитете Государственной Думы по энергетике, а также в профессиональном сообществе гидротехников и энергетиков, указанный документ не решает следующие проблемы, существующие в области государственного регулирования безопасности гидротехнических сооружений:

1. В полномочиях органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации в области безопасности гидротехнических сооружений отсутствуют обязанности по обеспечению регистрации ГТС в Российском регистре ГТС и составлению декларации безопасности ГТС, которое не имеет собственника или собственник которого неизвестен либо от права собственности, на которое собственник отказался, что приводит к отсутствию четкого регулирования в сфере обеспечения безопасности бесхозных гидротехнических сооружений.

2. Законопроект не содержит сроков и оснований представления в орган надзора декларации безопасности ГТС, а также в нем не проработаны инструменты регистрации находящихся в эксплуатации ГТС IV класса в Российском регистре гидротехнических сооружений.

3. Законопроектом предусмотрено продление срока эксплуатации ГТС, однако, неясно в каком виде оно должно проводиться, то есть предлагаемая процедура

ра предусматривает наличие ряда актов или же проведение исследования (экспертизы) гидротехнического сооружения и установление его остаточного ресурса.

4. В рамках повышения обеспечения безопасности ГТС не предусмотрена обязанность владельца сооружения по составлению и представлению в органы надзора декларации безопасности ГТС, а также обеспечению проведения экспертизы этой декларации.

5. В действующей редакции Федерального закона не предусмотрен предмет экспертизы декларации безопасности гидротехнических сооружений. Также, в целях повышения обеспечения безопасности гидротехнических сооружений, которые отработали свой срок эксплуатации, не предусмотрено проведение и предмет экспертизы ГТС при продлении срока эксплуатации гидротехнического сооружения в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

6. Разрешение на эксплуатацию гидротехнического сооружения является избыточным регулированием в области безопасности ГТС, так как органом строительного надзора в соответствии с градостроительным законодательством Российской Федерации выдается заключение о соответствии построенного или реконструируемого объекта капитального строительства требованиям технических регламентов и проектной документации, а также по итогам ввода ГТС в эксплуатацию уполномоченным органом власти выдается разрешение на ввод в эксплуатацию гидросооружения.

7. Не предусмотрено введение ответственности за нарушение законодательства о безопасности ГТС в части отсутствия регистрации гидротехнического сооружения в Российском регистре ГТС и невыполнение владельцем гидротехнического сооружения требований, установленных статьей 9 Федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений».

Выводы

Выполнен количественный и качественный анализ состояния ГТС, расположенных на территории России, и условий их работы в имущественном блоке Ростехнадзора и Росводресурсов. Анализ уровней безопасности гидросооружений, выполненный с использованием официальных данных Российского регистра гидротехни-

ческих сооружений, показал, что нормальный уровень безопасности имеют 39,4 % комплексов ГТС от их общего количества, а опасный уровень безопасности – 4,7 % гидроузлов.

Регулярные надзорные мероприятия, проводимые Ростехнадзором, выявили ряд недостатков, подлежащих обязательному исправлению, среди которых наиболее значимым является несоблюдение требования законодательства в области безопасности гидротехнических сооружений в части декларирования безопасности, разработки критериев безопасности и эксплуатации по разработанным инструкциям и проектам мониторинга безопасности ГТС.

Активное обсуждение проекта федерального закона № 914182-6 «О внесении изменений в Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений» показало, что законопроект не только существенно продвигает профессиональные инициативы по совершенствованию государственного регулирования безопасности гидротехнических сооружений, но и не решает, к сожалению, некоторые проблемы, существующие в этой области.

Библиографический список

1. Годовой отчет о деятельности Ростехнадзора в 2014 году [Электронный ресурс]. – URL: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/ГД.2014.pdf (Дата обращения 01.03.2016).
2. Российский регистр гидротехнических сооружений [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.waterinfo.ru/gts> (Дата обращения 01.03.2016).
3. Матвеев Ф. В. Общие положения по продлению срока эксплуатации гидротехнического сооружения // Безопасность труда в промышленности. – 2015. – № 10. – С. 26–29.
4. Козлов Д. В., Крутов Д. А. Анализ собственных деформаций бетона по данным натурных наблюдений на плотине Богучанского гидроузла // Гидротехническое строительство. – 2005. – № 1. – С. 31–36.
5. Козлов Д. В. Воздействие льда на речные сооружения с вертикальной и наклонной гранями // Гидротехническое строительство. – 1997. – № 12. – С. 40–42.
6. Раткович Л. Д., Беглярова Э. С., Козлов Д. В., Шабанов В. В. Использование водных ресурсов в условиях современного

развития водохозяйственного комплекса // Мелиорация и водное хозяйство. – 2005. – №5. – С. 53–58.

Материал поступил в редакцию 10.03.2016.

Сведения об авторах

Козлов Дмитрий Вячеславович, инженер-гидротехник, профессор, доктор технических наук, кафедра «Комплексного использования водных ресурсов и гидравлики», проректор; ФГБОУ ВО «Российский

государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»; тел. +7 (499) 976-29-69; e-mail: kozlovdv@mail.ru.

Матвеев Федор Викторович, инженер-гидротехник, главный государственный инспектор; Управление государственного энергетического надзора Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору; 105066, Москва, ул. Александра Лукьянова, д. 4, стр. 1; тел. +7 (926) 270-17-77; e-mail: fvmatveenkov@mail.ru.

D. V. KOZLOV

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

F. V. MATVEENKOV

The Federal service on ecological, technological and atomic supervision, Moscow

MODERN ASPECTS OF STATE REGULATION OF HYDRAULIC STRUCTURES SAFETY

In 1997 with the purpose of ensuring safety of hydraulic structures in Russia the Federal law «About safety of hydraulic structures» was passed which nowadays regulates legal, economic and social bases of providing HS safe operation. Classification of hydraulic structures is considered taking into consideration their potential hazard. Quantitative and qualitative analysis is made of the state of the HSs located in the territory of Russia and belonging to different departments. There is analyzed the information from the Russian HS register on the basis of which there was made an assessment of safety levels of hydraulic structures of Russia. The analysis of safety levels of hydraulic structures fulfilled with the usage of official data of the Russian register of hydraulic structures showed that 39.4 % of HS complexes of their total quantity have a normal level of safety, and 4.7 % units have a dangerous level. On the basis of the results of supervision measures performed by Rostekhnadzor there was revealed a number of faults in the work of HS which should be subjected to obligatory correction. The draft of the federal law № 914182-6 «About introduction of changes in the Federal law «About safety of hydraulic structures» was discussed, there were shown the unsettled in the draft law problems existing in the field of state regulation of safety of hydraulic structures.

Hydraulic structure, safety of the structure, class of structure, operation life, supervision measure, state regulation, declaration of safety, operational reliability, level of safety, draft law.

References

1. Godovoj otchet o deyatelnosti Rostekhnadzora v 2014 [Electronny resurs]. – URL: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/ГД.2014.pdf (Data obrashcheniya 01.03.2016).
2. Rossijsky registr hidrotehnicheskikh sooruzhenij [Electronny resurs]. – URL: <http://www.waterinfo.ru/gts> (Data obrashcheniya 01.03.2016).
3. Matveenkova F. V. Obshchie polozheniya po prodleniyu sroka ekspluatatsii hidrotehnicheskogo sooruzheniya // Bezopasnostj truda v promyshlennosti. – 2015. – № 10. – S. 26–29.
4. Kozlov D. V., Krutov D. A. Analiz sobstvennykh deformatsij betona

po dannym naturnykh nablyudenij na plotline Boguchanskogo gidrouzla // Gidrotehnicheskoye stroiteljstvo. – 2005. – № 1. – S. 31–36.

5. Kozlov D. V. Vozdejstvie l'jda na rechnye sooruzheniya s vertikal'noj i naklonnoj granyami // Gidrotehnicheskoye stroiteljstvo. – 1997. – № 12. – S. 40–42.

6. Ratkovich L. D., Beglyarov E. S., Kozlov D. V., Shabanov V. V. Ispol'zovaniye vodnykh resursov v usloviyah sovremennogo razvitiya vodohozyajstvennogo kompleksa // Melioratsiya i vodnoye hozyajstvo. – 2005. – № 5. – S. 53–58.

Received on 10.03.2016.

Information about the authors

Kozlov Dmitry Vyacheslavovich, engineer-hydraulic technician, professor, doctor of technical sciences, chair of «Complex usage of water resources and hydraulics», pro-rector; FSBEI HE «Russian state agrarian university – MAA named after C. A. Timiryazev»; tel. +7 (499) 976-29-69; e-mail: kozlovdv@mail.ru.

Matveenkov Fedor Victorovich, engineer-hydraulic technician, chief state inspector, Management department of state energy supervision of the Federal service on ecological, technological and atomic supervision; 105066, Moscow, ul. Alexandra Lukjanova, d. 4, str. 1; tel. +7 (926) 270-17-77; e-mail: fvmatveenkov@mail.ru

УДК 502/504:627.4:330.15:556(470.54/56+58)

Р. Ф. МУСТАФИН, Р. Ф. АБДРАХМАНОВ, Б. Н. БАТАНОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа

РОЛЬ ВОДОЕМОВ БАШКИРСКОГО ЗАУРАЛЬЯ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ОТРАСЛЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРЫ

В статье анализируется потенциал озер и водохранилищ Башкирского Зауралья для народно-хозяйственного использования на базе многолетних исследований авторов. Дана оценка химического состава вод водоемов (гидрокарбонатный кальциево-магниево-натриево-магниево-натриевый состав, минерализация воды 0,20 до 0,87 г/дм³, pH 7,2...8,6) для питьевого, оросительного водоснабжения. Минеральные грязи ряда озер наряду с уникальными минеральными водами представляют большие резервы для расширения санаторного бальнеолечения населения Зауралья. В решении проблем сельскохозяйственного водоснабжения велика роль водохранилищ. Объем их колеблется от 1,0...2,0 до 30...50 млн м³. Зауралье слабо обеспечено гидроэнергетическими ресурсами (1,5...2 л/с·км²). На водосборах Сакмарского, Таналыкского, Акъярского водохранилищ сооружены малые ГЭС. В нижних бьефах водохранилищ созданы водозаборы инфильтрационного типа. Башкирское Зауралье обладает большим фондом земель для развития орошаемого земледелия. При малом и неравномерном распределении ресурсов пресных вод в течение года, орошаемое земледелие в значительной степени базируется на ресурсах воды озер и водохранилищ. Водоемы Зауралья обладают высоким потенциалом развития рыбного хозяйства на промышленной основе. Возможная продуктивность озер и водохранилищ этого региона оценивается до 3000 ц в год. Башкирское Зауралье обладает также значительными рекреационными ресурсами.

Озера и водохранилища, Зауралье, использование водоемов, минеральные грязи, рекреации, охрана водных ресурсов.

Введение. Нехватка чистой пресной воды, существующие в ряде регионов, в перспективе будет актуальной, в том числе из-за недооценки последствий использования земель, поэтому изучению роли водоемов, которая продолжает оставаться предметом острых дискуссий, должно уделяться серьезное внимание.

В этом слабоводообеспеченном речными и пресными подземными водами, экологически сложном регионе, озера и водохранилища имеют исключительно важное значение в решении проблем питьевого, сельскохозяйственного (орошаемое земледелие), промышленного водоснабжения, рекреационного и прочего

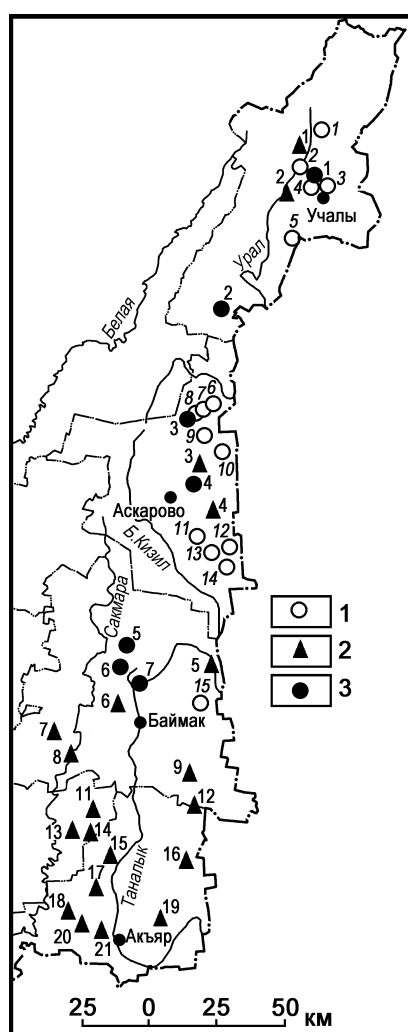
использования.

Материал и методы исследования. Для оценки народно-хозяйственного значения водоемов Башкирского Зауралья применен системный и сравнительный анализы литературного и фактического материала, полученного в ходе многолетних экспедиционных выездов и полевых работ авторов.

Результаты и их обсуждение. Башкирское Зауралье богато озерами (таблица 1, рисунок). Площадь зеркал их составляет от 1,7 до 8,3 км², а объем воды 4,2...81,7 млн м³. Озера в основном неглубокие (2,3...8,3 м). Только озеро Банное (Якты-Куль) имеет глубину 28 м.

Параметры наиболее крупных озер [3]

№ по рисунку	Название	Абсолютная отметка, м	Глубина, м		Длина, км	Ширина, км	Площадь зеркала воды, км ²	Объем воды, млн м ³
			средняя	максимальная				
2	Калкан	511,5	2,4	4,7	2,6	0,65	1,7	4,2
3	Карагайлы	517,1	3,2	8,3	2,52	1,51	3,8	12,3
4	Б. Учаль	510,5	2,5	5,5	2,8	1,11	3,1	8,04
6	Сев. Улянды	413,0	2,2	3,5	2,2	1	2,2	4,8
7	Карабалыкты	407,0	3,5	6	2,12	1,23	2,6	9,6
8	Сабакты	437,0	2,9	6	2,37	1,01	2,4	7,2
9	Суртанды	407,0	1,5	4	4,6	1,61	7,4	21
10	Мулдаккуль	406,0	2,1	2,5	3,1	2	6,2	13,1
13	Атавды	406,0	3,4	6,5	4	2,08	8,3	28,6
14	Юж. Улянды	422,0	1,7	2,3	2,3	1	2,36	6,4
15	Култубан	371,3	4	5,2	3,4	2,18	7,4	29,5



Озера и водохранилища Башкирского Зауралья: 1 – озера: 1 – Белое, 2 – Калкан, 3 – Карагайлы, 4 – Большие Учаль, 5 – Гнилое, 6 – Сев. Улянды, 7 – Карабалыкты, 8 – Сабакты, 9 – Суртанды, 10 – Мулдаккуль, 11 – Бурсунды, 12 – Сухое, 13 – Атавды, 14 – Юж. Улянды, 15 – Култубан; 2 – водохранилища; 3 – водохранилища озерного типа

При хозяйственном использовании (особенно для питьевого и рекреационного) химический состав воды озер имеет важное значение. Состав их характеризуется значительным разнообразием. В основном они имеют гидрокарбонатный кальциево-магниевый, кальциево-магниево-натриевый, магниевый-натриевый состав. Минерализация воды колеблется 0,20 до 0,87 г/дм³, кислотность – pH 7,2...8,6

Реже состав воды озер хлоридно-гидрокарбонатный гидрокарбонатно-сульфатный, сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридный магниевый-натриевый и натриевый. Минерализация последних достигает 3,89 г/дм³. Вода озера Мулдаккуль (в летнюю межень 2013 г.) характеризовалась сульфатно-хлоридным магниевый-натриевым составом, тип IIIa, минерализация 10,8 г/дм³, pH – 8,47 (Абдрахманов, 2014) (табл. 2).

Многие озера накопили значительный объем минеральных грязей (сапропелей). Мощность их колеблется от 0,5 до 3...5 м. Объем сапропелей в озерах Башкирского Зауралья составляет более 120 млн м³ (в Учалинском районе – 85, Абзелиловском – 35, Баймакском – 2).

Наибольший интерес представляют минеральные грязи, происходящие из оз. Безымьяное 1. Минеральные грязи озера в санатории используются в бальнеотерапии, грязелечении органов опорно-двигательного аппарата и др. заболеваний. Грязь пресная (минерализация грязевого раствора 0,2...1,0 г/дм³), бессульфидная, высокозольная (зольность 63...79 %), объемная масса 1,01...1,2 г/см³, влажностью 71...81 %, pH 6,8...7,5.

Таблица 2

Химический состав озерных вод Башкирского Зауралья [1]

№ по рисунку	pH	М, г/дм ³	Ингредиенты, мг/дм ³ , %-моль						Индекс состава воды
			HCO ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	
2	8,3	0,46	358,8 94,1	12,3 4	3,5 1,6	28 21,9	53,5 69	13,3 9,1	C _I CaMg
3	8,4	0,23	152,3 86,4	16,4 10,6	3,5 3,2	19 29,7	10,3 26,7	32 43,6	C _I CaMgNa
4	8,1	0,34	225,7 81,1	16,4 7,4	16,8 9,9	24 26,3	25,5 46,1	29 27,6	C _I CaNaMg
5	8,05	0,29	201,2 90,3	12,3 7	3,5 2,7	14 18,8	15,8 35,1	39,3 46,1	C _I MgNa
6	7,4	1,07	408,7 37,9	146,1 45,2	106,5 17,0	32,0 10,1	56,6 30,2	219,1 59,8	CS _{II} MgNa
9	7,4	0,87	427,0 67,6	65,0 13,0	71,0 19,3	28,0 11,2	56,12 36,7	150,5 52,2	C _I MgNa
10	8,5	10,8	488,0 4,3	1770 19,9	4986 75,8	1660 4,5	738,1 32,7	2674 62,8	SCl _{IIIa} MgNa
11	7,2	0,87	500,2 80,6	56,8 11,6	28,4 7,9	32,0 13,2	61,0 41,1	128,1 45,8	C _I MgNa
12	6,9	2,73	518,5 19,4	109,5 5,3	1171,5 75,3	108,0 12,2	102,5 18,9	703,0 68,9	Cl _{IIIa} Na
13	7,1	2,23	866,2 49,8	203,4 14,9	355,0 35,3	20,0 3,1	85,40 21,4	567,8 75,5	ClC _I MgNa
14	7,4	3,89	927,2 31,7	634,3 26,4	802,3 41,9	14,0 1,2	142,7 19,3	1111,7 79,6	SCCl _I Na
15	8,35	0,65	427 82,3	6,3 6,4	34,1 11,3	32,1 18,8	1,6 30,6	99,1 50,6	C _I MgNa

Минеральные грязи ряда озер, наряду с уникальными минеральными водами оз. Мулдаккуль и одноименным месторождением минеральных лечебных подземных вод Хилковского типа, представляют большие резервы для расширения санаторного бальнеолечения населения Зауралья. Имеются значительные резервы других типов минеральных подземных вод в Хайбуллинском (Акъярское, Подольское и др. проявления минеральных вод Луганского типа, полиметаллических вод Гайского типа в районе пос. Бурибай), проявления Луганского типа в Абзелиловском, Баймакском районах, а в районе г. Учалы Гайского типа [1].

Минеральная вода Мулдакульского месторождения рекомендуется для лечения больных хроническими гастритами с нормальной, повышенной и пониженной секреторной функцией желудка, неосложненной язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки (и болезнями оперированного желудка и двенадцатиперстной кишки), дискинезиями кишечника с нарушениями стула (наклонность к диарее или запорам),

хроническими заболеваниями печени и желчевыводящих путей, хроническими панкреатитами, болезнями обмена веществ.

Сапропель может использоваться также для повышения плодородия почв в качестве природных агроруд [3]. Опыты, заложенные на территории хозяйства «Маканский» Хайбуллинского района с применением сапропелей озера Чебаркуль способствовали улучшению водного режима почвы, уменьшению плотности пахотного слоя, изменению пористости, капиллярных свойств почвы, увеличению наименьшей влагоемкости и пр., в конечном итоге к повышению биопродуктивности почвы.

В решении проблем сельскохозяйственного водоснабжения велика роль водохранилищ. Объем их колеблется от 1,0...2,0 до 30...50 млн м³. Некоторые водохранилища (Якты-Куль, Чебаркуль, Ургун, Талкас и др.) характеризуются озерным типом водообмена. Реки, формирующие водохранилища отличаются крайне неравномерным расходом (0,43...20,3 м³/с) воды в течение года. На водосборах Сакмарского (две по 150 кВт), Таналыкского (50 кВт), Акъярского

(50 кВт) водохранилищ сооружены малые ГЭС. В целом Башкирское Зауралье (бассейн р. Урал) слабо обеспечено гидроэнергетическими ресурсами (1,5...2 л/с·км²).

В нижних бьефах водохранилищ созданы водозаборы инфильтрационного типа. Эксплуатационные ресурсы подземных вод из Акъярского водозабора составляют 3500, Бузавлыкского – 700, Чебаркульского – 300, Таналыкского и Сакмарского по 200 м³/сут.

Геохимия речной воды, формирующих химический состав водохранилищ, определяется литологией горных пород, слагающих водосборы рек, особенностями химического состава почв, климатическими, наличием водоохраных лесных насаждений и пр. условиями.

После создания водохранилищ, химический состав воды существенно не отличается от состава воды формирующих их рек, на которых они построены. Происходит лишь снижение минерализации воды до 1,5...2 раз, а также снижение ее весной и повышение в зимний период. Они характеризуются хлоридно-гидрокарбонатным кальциево-натриевым, магниевым-натриево-кальциевым составом, типа I и II. Минерализация воды обычно 0,2...0,4 г/дм³, pH 7,5...7,85.

Башкирское Зауралье обладает большим фондом земель для развития орошаемого земледелия. Его расширение сдерживается ограниченными водными ресурсами. При малом и неравномерном распределении ресурсов пресных вод в течение года, орошаемое земледелие в значительной степени базируется на ресурсах воды озер и водохранилищ. Общий объем воды (см. табл. 1) озер и водохранилищ Башкирского Зауралья составляет свыше 600 млн. м³. В период максимального развития орошаемого земледелия в Зауралье орошалось свыше 9000 га. В настоящее время площадь орошения составляет менее 1500 га.

Для орошения используются воды водохранилищ (Акъярского на площади 150, Моканского – 120, Сакмарского – 130, Куянтауского – 240, Бузавлыкского – 180 га) и озер (Чебаркуль, Колтубан). Ирригационные свойства оросительных вод (см. табл. 2) вполне отвечают поливным нормативам.

Водоемы Зауралья обладают высоким

потенциалом развития рыбного хозяйства на промышленной основе. Наиболее перспективными для рыбохозяйственного освоения в соответствии с расчетами являются Акъярское (до 1300 ц/год), Моканское (600 ц/г), Мамбетовское (600 ц/г) и др. водохранилища. В настоящее время в озерах Мулдаккуль, Яктыкуль, Атавды и некоторых других успешно развивается рыбное хозяйство, где выращиваются рыбы сиговых пород (пелядь, рипус). Начата работа по рыбохозяйственному освоению Акъярского водохранилища в направлении производства осетровых пород рыб. Ведутся работы по созданию нескольких полноциклических замкнутых рыбхозов в Учалинском, Баймакском районах с целью производства форели. Возможная продуктивность озер и водохранилищ этого региона оценивается до 3000 ц в год на промышленной основе.

Башкирское Зауралье обладает также значительными рекреационными ресурсами. Согласно Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года туризм рассматривается как существенная составляющая инновационного развития нашей страны в долгосрочной перспективе, экономически выгодная и экологически безопасная отрасль национальной экономики.

Природно-рекреационные ресурсы включают компоненты природной среды (рельеф, климат, водоемы, растительность и др.), культурно-исторические достопримечательности, социально-культурные объекты. Обязательным условием пригодности природных ресурсов в рекреационных целях является оценка их экологического благополучия.

В Башкортостане в рекреационных и туристических целях используются геолого-геоморфологические, гидрологические, биологические (ботанические, к которым относятся леса, урочища, луговая растительность и т. д.), и др. объекты [3]. Для организации отдыха в регионе может быть отнесено до нескольких сотен объектов. Сюда входят, например, озеро Мулдаккуль с уникальным составом воды, озеро Банное (Яктыкуль) и его окрестности, музей-заповедник Ирендык, водопад Гадельша на реке Худолаз,

реликтовые лиственничные насаждения и др. Большое внимание к себе привлекает развитие горнолыжных центров, таких как Банное, Абзаково и др. Среди техногенных объектов интересным представляются глубочайшие карьеры Учалинского, Сибайского горнообогатительных комбинатов и др. Перспективными направлениями являются агротуризм, экотуризм, «Зеленое строительство», основанные на бережном отношении к природе, которые не предполагают строительства технически сложных, экологически опасных сооружений.

Выводы

Регион Башкирского Зауралья слабо водообеспечен речными и пресными подземными водами, поэтому озера и водохранилища здесь имеют исключительно важное значение в решении проблем питьевого, сельскохозяйственного, промышленного водоснабжения, рекреационного использования. Химический состав вод водоемов (гидрокарбонатный кальциево-магниевый, кальциево-магниевый-натриевый, магниевый состав, минерализация воды 0,20 до 0,87 г/дм³, pH 7,2...8,6). Минеральные грязи ряда озер наряду с уникальными минеральными водами представляют большие резервы для расширения санаторного бальнеолечения населения Зауралья.

В решении проблем сельскохозяйственного водоснабжения велика роль водохранилищ. Зауралье слабо обеспечено гидроэнергетическими ресурсами (1,5...2 л/с·км²). На водосборах Сакмарского, Таналыкского, Акъярского водохранилищ сооружены малые ГЭС. В нижних бьефах водохранилищ созданы водозаборы инфильтрационного типа. Башкирское Зауралье обладает большим фондом земель для развития орошаемого земледелия.

При малом и неравномерном распределении ресурсов пресных вод в течение года, орошаемое земледелие в значительной степени базируется на ресурсах воды озер и водохранилищ. Водоемы Зауралья обладают высоким потенциалом развития рыбного хозяйства на промышленной основе. Возможная продуктивность озер

и водохранилищ этого региона оценивается до 3000 ц в год. Башкирское Зауралье обладает также значительными рекреационными ресурсами, здесь выделено до нескольких сотен объектов, где может быть организован отдых населения.

Библиографический список

1. Абдрахманов Р. Ф. Пресные подземные и минеральные лечебные воды Башкортостана. – Уфа: Гилем, Башк. энцикл. – 2014. – 416 с.
2. Абдрахманов Р. Ф., Батанов Б. Н., Ахметов Р. М. Геоэкологические проблемы Зауралья и некоторые пути их решения // Вестник БГАУ. – 2014. – № 2(30). – С. 101–106.
3. Биологические ресурсы Южного Урала. Фундаментальные основы рационального использования / Федоров Н. И., Хазиев Ф. Х., Габбасова И. М. [и др.]. – Уфа: Гилем, 2009. – 256 с.

Материал поступил в редакцию 29.01.2016.

Сведения об авторах

Мустафин Радик Флюсович, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой природообустройства, строительства и гидравлики; ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»; 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34; тел.: +7-347-228-08-71; e-mail: mustafin-1976@mail.ru.

Абдрахманов Рафил Фазылович, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры природообустройства, строительства и гидравлики; ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»; 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34; +7-347-228-08-71; e-mail: hydro@ufaras.ru.

Батанов Бахытгалей Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры природообустройства, строительства и гидравлики ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»; 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34; тел.: +7-347-228-08-71.

R. F. MUSTAFIN, R. F. ABDRAKHMANOV, B. N. BATANOV

The Federal state budget educational institution of higher education

«The Bashkir state agrarian university», Ufa

THE ROLE OF WATER RESERVOIRS OF THE TRANS-URALS AND THEIR USAGE IN THE FIELDS OF INDUSTRIAL SPHERE

The article deals with the potential of lakes and reservoirs of the Bashkir Trans-Urals for national economic use. The potential of lakes and reservoirs is analyzed on the basis of our long-term research. The chemical composition of water reservoirs (hydrocarbonate calcium-magnesium, calcium-magnesium-sodium, magnesium-sodium composition, salinity from 0.20 to 0.87 g/dm³, pH 7.2...8.6) for drinking water and irrigation water supply was estimated. Mineral muds of some lakes along with unique mineral waters are great reserves for the expansion of spa balneotherapy for the Trans-Urals population. Reservoirs play an important role in solving the problems of agricultural water supply. Their volume ranges from 1.0...2.0 to 30...50 million m³. Trans-Urals region is poorly provided with hydropower resources (1.5...2 dm³/s km²). Small hydropower plants were constructed on watersheds of Sakmarskoe, Tanalykskoe, Akyarskoe reservoirs. Water intakes of infiltration type were created in downstream of reservoirs. Bashkir Trans-Ural region has a large land fund for the development of irrigation agriculture. Irrigation agriculture is largely based on the resources of the waters of lakes and reservoirs because of small and uneven distribution of freshwater resources in the course of the year. Trans-Urals water bodies have a high potential for the development of fisheries on an industrial basis. Potential productivity of lakes and reservoirs in the region is estimated to 3000 centners per year. Bashkir Trans-Ural region also has significant recreational resources.

Lakes and water reservoirs, Trans-Ural region, usage of reservoirs, mineral muds, recreation, protection of water resources.

References

1. **Abdrakhmanov R. F.** Presnye podzemnye i mineralnye lechebnye vody Bashkortostana. – Ufa: Gilem, Bashk. Entsikl. – 2014. – 416 s.
2. **Abdrakhmanov R. F., Batanov B. N., Akhmetov R. M.** Geoecologicheskie problem Zaural'ya i nekotorye puti ih resheniya // Vestnik BGAU. – 2014. – № 2(30). – S. 101–106.
3. **Biologicheskie resursy Yuzhnogo Urala.** Fundamentalnye osnovy ratsional'nogo ispol'zovaniya / Fedorov N. I., Khaziev F. H., Gabbasova I. M. [and others]. – Ufa: Gilem, 2009. – 256 s.

Received on 29.01.2016.

Information about the authors

Mustafin Radik, Candidate of Agricultural Sciences, Head of Department of Land Management, Construction and Hydraulics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir

State Agrarian University». 450001, Ufa, 50-let Otyabrya Str., 34. Phone: +7-347-228-08-71, e-mail: mustafin-1976@mail.ru

Abdrakhmanov Rafil, Doctor of Geology and Mineralogy, Professor Department of Environmental Engineering, construction and hydraulics of the Federal government's budget educational institution of higher education Bashkirian State Agricultural University, 450001, Ufa, 50th Anniversary of October st., 34; +7-347-228-08-71; e-mail: hydro@ufaras.ru

Batanov Bahytgaley, Doctor of Agricultural Sciences, professor Department of Environmental Engineering, construction and hydraulics of the Federal government's budget educational institution of higher education Bashkirian State Agricultural University, 450001, Ufa, 50th Anniversary of October st., 34; +7-347-228-08-71.

УДК 502/504:69:628:330.322

А. М. МАРГОЛИН

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», г. Москва

Е. В. МАРГОЛИНА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

В статье рассматриваются проблемы учета особенностей оценки эколого-экономической эффективности инвестиционных проектов и пути их решения. Доказывается, что специфика оценки эколого-экономической эффективности инвестиционных проектов заключается в высокой вероятности того, что представление критически значимых эффектов реализации экологических проектов в денежной форме окажется невозможным; необходимости оценки предотвращенных экологических ущербов и вероятности их наступления; повышенной значимости ликвидационной стадии проекта, обусловленной рисками накопления негативных экологических последствий к концу его жизненного цикла; целесообразности использования пониженной ставки дисконтирования по сравнению с рыночной; целесообразности применения сценарного метода анализа динамики денежных потоков по проекту для учета инвестиционных рисков реализации экологических проектов (в отличие от наиболее распространенной практики применения метода «премии за риск»); целесообразности отказа от использования традиционных методов оценки фактической эффективности инвестиционных проектов в пользу метода PART (Program Assessment Rating Tool).

Эколого-экономическая эффективность инвестиционных проектов; принципы оценки эффективности инвестиций; ставка дисконтирования, инвестиционные риски экологических проектов, экологический ущерб.

Природа всегда права. Ошибки же и заблуждения исходят от людей

*Иоганн Вольфганг Гёте,
немецкий поэт, мыслитель*

Введение. Как известно, в соответствии с Указом Президента Российской Федерации¹ 2017 год объявлен в России Годом экологии. Принципиальное значение имеет осознание органами государственного управления, бизнесом и гражданским обществом, что это не «разовая акция», а начало реализации долгосрочной стратегии по комплексному решению экологических проблем, стоящих перед отечественной экономикой. К ним, в первую очередь, относятся необходимость создания современных предприятий по переработке отходов, разработки и практического применения технологий снижения выбросов загрязняющих

веществ в атмосферный воздух и уменьшения объемов поступлений загрязняющих веществ со сточными водами в водные объекты, развитие экологического туризма, организация производства экологически чистых продуктов питания.

Следует отметить, что проблемы комплексного использования природных ресурсов и охраны окружающей природной среды, методы их решения при обосновании эффективности инвестиций все чаще оказываются в центре внимания на различных международных форумах с широким представительством лидеров ведущих мировых держав и крупного бизнеса. Так происходит потому, что экология все в большей степени не только оказывает определяющее влияние на глобальное развитие, и становится одним из ключевых факторов конкурентных преимуществ стран, способных минимизировать экологические риски хозяйственной деятельности.

Об этом, в частности, свидетельствуют данные годового отчета Всемирного экономического форума, из которых следует, что впервые с 2006 года экологический риск

1. Указ Президента Российской Федерации от 05.01.2016 г. № 7 «О проведении в Российской Федерации Года Экологии» [Электронный ресурс]. – URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/40400> (Дата обращения 23.04.2016).

вышел на первое место в рейтинге рисков с наиболее значительным потенциальным влиянием. По мнению экспертов форума, в пятерку наиболее вероятных рисков в 2016 году входят крупномасштабная миграция, погодные катаклизмы, негативные последствия изменений климата и невозможность адаптироваться к ним, межгосударственные конфликты и крупные природные катастрофы². Т.е. три из пяти наиболее значимых рисков глобального развития в 2016 году прямо связаны с экологией, что наглядно подтверждает актуальность рассматриваемой авторами проблемы учета особенностей оценки эколого-экономической эффективности инвестиционных проектов.

Материалы и методы исследования. Вопросам обоснования эффективности инвестиционных проектов посвящено большое количество работ как отечественных, так и зарубежных исследователей, например, [1–3], а также – различных нормативных документов [4–6]. Тем не менее, традиционное представление о системе ключевых оценочных показателей, методах их расчета и, в особенности, слепое следование им без всестороннего учета особенностей реализации конкретных проектов зачастую оказывается недостаточным для принятия качественных инвестиционных решений.

Амбициозные планы по комплексному использованию природных ресурсов и охране окружающей природной среды потребуют осуществления критической массы инвестиционных проектов, отличающихся значительной капиталоемкостью, повышенными рисками и сроками окупаемости. Решение задачи обоснования эффективности таких проектов имеет свои особенности, неполный учет которых может привести либо к финансированию экологически опасных и экономически бессмысленных инвестиций, либо к отказу от тех проектов, которые жизненно важны для обеспечения устойчивого развития экономики.

Об этом свидетельствует немало конкретных примеров, когда отсутствие должного учета экологических

рисков приводило к отказам от реализации достаточно крупных проектов. В их числе строительство кремниевого завода в Абакане (Республика Хакасия) и Енисейского ферросплавного завода неподалеку от Красноярска (в обоих случаях из-за угрозы загрязнения атмосферного воздуха, не учтенной при разработке проекта³). Аналогичные ситуации неоднократно имели место в других странах. Так, в Китае из-за массовых протестов населения были заморожены проекты строительства завода по переработке медной руды на юге в г. Шифан провинции Сычуань, химического завода «Фуцзя» в г. Далянь провинции Ляонин, сооружения трубопровода для сброса отходов с бумажной фабрики в г. Цидун недалеко от Шанхая⁴.

Несмотря на то, что вопросы оценки эколого-экономической эффективности инвестиций не остаются на периферии внимания различных исследователей (см., например, работы [7–11]), остается достаточно широкий пласт проблем, решение которых является далеко не очевидным. Оно связано, прежде всего, с диагностикой имеющих место особенностей экологических проектов и научно обоснованным применением соответствующих методов обоснования целесообразности их реализации. Это вопросы:

– Как учесть результаты осуществления проектов, направленных на снижение вероятности наступления негативных экологических последствий хозяйственной деятельности и/или предотвращение экологического ущерба?

– Какие методы оценки эколого-экономической эффективности лучше использовать, если получаемые результаты сложно или даже невозможно выразить в денежной форме?

– Как выбрать ставку дисконтирования при определении ключевых оценочных показателей эффективности средозащитных инвестиционных проектов?

3. Россию захлестнула волна экологических протестов // Интернет-ресурс Lenta.ru, 07.08.2012 г. [Электронный ресурс]. – URL: <http://lenta.ru/articles/2012/08/07/protest/> (Дата обращения 27.04.2016).

4. Экологическая ситуация в Китае – проблема для всего мира // Интернет-ресурс Bellona.ru, 13.03.2013 г. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.bellona.ru/articles_ru/articles_2013/1363180361.2 (Дата обращения 27.04.2016).

2. Экология и мигранты названы основными угрозами развитию в 2016 году [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.interfax.ru/business/489556> (Дата обращения 23.04.2016).

– Как влияют особенности экологических проектов на выбор методов учета инвестиционных рисков?

Поиску ответов на эти и другие актуальные вопросы посвящена настоящая статья.

Результаты исследования и их обсуждение. Особенности оценки эколого-экономической эффективности инвестиционных проектов находят свое отражение в соответствующих принципах оценки, специфике выбора методов корректного учета инвестиционных рисков, а также в подходах к анализу фактической эффективности проектов и принятию решения о целесообразности продолжения или прекращения их реализации. Характерно, что только один из многих принципов оценки эффективности инвестиций, нашедших свое отражение и в нормативных документах, и в фундаментальных исследованиях (см. [1, 6]), прямо связан с необходимостью учета всех наиболее существенных последствий проекта в смежных сферах экономики включая социальную и экологическую. В реальной действительности, этот принцип часто остается декларативным, поскольку конкретные методы такого учета остаются на усмотрение разработчиков бизнес-планов инвестиционных проектов.

Безусловно, далеко не все принципы оценки эффективности инвестиций требуют учета экологической специфики. Самые простые примеры – принцип сопоставимости условий сравнения различных проектов (вариантов проекта) или принцип многоэтапности оценки эффективности инвестиционных проектов. Каждый из этих принципов универсален и никакой «экологической интриги» не содержит. Но в отношении целого ряда других весьма существенных принципов аналогичный вывод означал бы чрезмерное и ничем не обоснованное упрощение сути дела. Рассмотрим соответствующие принципы подробнее.

А) Моделирование денежных потоков, включающих все связанные с осуществлением проекта денежные поступления и выплаты за расчетный период времени.

Применительно к экологическим проектам существует высокая вероятность того, что представление эффектов их реализации в денежной форме окажется либо практически невозможным, либо обеспечивающим получение результатов

сомнительной достоверности (подробнее об этом см. [7]). В этом случае не имеет смысла применение известных методик определения ключевых показателей эффективности инвестирования – чистого дисконтированного дохода, срока окупаемости, внутренней нормы прибыли. Тогда сама процедура оценки эффективности рассматриваемых проектов при помощи стандартных алгоритмов расчета перечисленных показателей утрачивает актуальность и трансформируется в применение методологии оценки эффективности инвестиционных решений, свойственных целевым государственным программам (см., например, [12]).

Б) Рассмотрение проекта на протяжении всего его жизненного цикла и учет фактора времени.

Очевидная особенность проектов, оказывающих значительное влияние на состояние окружающей природной среды, состоит в том, что негативные последствия их осуществления могут проявляться не сразу, а по мере накопления отрицательных эффектов. Например, захоронение отходов на специально оборудованных полигонах «до поры, до времени» может отвечать требованиям экологической безопасности, но в перспективе, при нарушении технологий захоронения и/или исчерпании ассимиляционного потенциала полигона, экологические ущербы загрязнения становятся весьма существенными и требуют больших финансовых затрат для их устранения. Естественно, предпочтительнее не ликвидировать уже наступившие негативные экологические последствия, а планировать заранее систему мер, обеспечивающих предотвращение возможных ущербов еще до того. И если, соответствующие затраты осуществляются в конце жизненного цикла проекта, то их дисконтирование к началу реализации проекта по рыночной ставке дисконта приведет к исчезающе малому влиянию затрат природоохранного назначения (или экологических ущербов в случае, если такие затраты производить не планируется) на величину чистого дисконтированного дохода. Именно поэтому, прежде всего, в расчетах общественной эффективности экологических проектов, целесообразно использовать пониженную ставку дисконтирования по сравнению со ставкой дисконтирования, применяемой для расчетов коммерческой эффективности.

Основанием для такого подхода к оценке эффективности проектов, отличающихся существенным воздействием на окружающую среду, является необходимость учета возможностей проявления негативных экологических последствий в отдаленной перспективе. Что же касается расчетов коммерческой эффективности, то логика ориентации на пониженную ставку дисконтирования для экологических проектов справедлива и в этом случае, но технология такого снижения не может быть следствием административного диктата и требует применения специальных методов государственной поддержки (как правило, это субсидирование процентных ставок на разность норм дисконтирования, используемых для расчетов коммерческой и общественной эффективности рассматриваемых проектов).

В) Необходимость учета сценариев «с проектом» и «без проекта».

Типичная ошибка, допускаемая разработчиками различных бизнес-планов, заключается в сопоставлении сценариев «с проектом» и «до проекта». Причем, для экологических проектов такая ошибка может привести к непоправимым последствиям. Дело в том, что в сценарии «до проекта» экологические ущербы, которые могут возникнуть в случае отказа от реализации проекта, «выпадают» из поля зрения, что неизбежно ведет к занижению показателей эффективности инвестирования. По этой причине многие экологические проекты оказываются невостребованными. И это происходит не вследствие их недостаточной эффективности, а просто потому, что эколого-экономические эффекты таких проектов рассчитываются некорректно, а иногда и просто не принимаются во внимание.

Следует отметить, что методика оценки экологических проектов часто осложняется еще и тем, что целью проекта может быть исключительно снижение вероятности наступления негативных экологических последствий. Например, капитальный ремонт дамбы принципиально не изменит величину ущерба в случае ее прорыва, но вероятность такого развития событий уменьшит весьма существенно. Содержательно, количественная оценка вероятности возникновения экологического ущерба представляет собой специфический метод учета внешних эффектов

и, наряду с необходимостью определения размера предотвращаемых экологических ущербов, является важной особенностью экологических проектов. По мере развития экологического страхования, рассматриваемые внешние эффекты могут быть учтены при определении размера страховых выплат и тогда эффект от снижения вероятности экологического ущерба для инициатора экологического проекта будет равен экономии на осуществляемых им платежах в пользу страховщика. Но в настоящее время страховщики, как правило, не готовы брать на себя экологические риски из-за отсутствия надежных методов определения экологического ущерба и вероятности его наступления. Поэтому включение этих показателей в расчеты эффективности инвестирования в экологические проекты требует скрупулезной профессиональной экспертизы.

Г) Учет наличия разных участников проекта, несовпадения их интересов и различных оценок стоимости капитала, выражающихся в индивидуальных значениях нормы дисконта.

Для «стандартных» проектов, не имеющих экологической специфики, учет несовпадения интересов участников проекта может осуществляться на первой стадии «оценки эффективности проекта в целом». Неотъемлемым элементом этой стадии является принятие базового допущения о том, что проект полностью реализуется за счет собственных средств (инициатор проекта несет все расходы по проекту и получает все связанные с ним результаты). Поскольку собственный капитал является самым дорогим по сравнению с другими технологиями его привлечения, положительная величина чистого дисконтированного дохода при проведении «оценки эффективности проекта в целом» является индикатором возможности согласования интересов различных инвесторов, привлекаемых для его реализации.

Но, при использовании пониженных по сравнению с рыночными ставок дисконтирования (см. п. Б), подобное согласование становится невозможным поскольку требования к отдаче на вложенный капитал со стороны потенциальных инвесторов будут превышать ставку дисконтирования, используемую для оценки эффективности экологического проекта. Это, в свою очередь, означает, что роль возмож-

ных положительных результатов «оценки эффективности проекта в целом» претерпит существенные изменения. По сути, такие результаты уже не смогут играть роль индикатора принципиальной возможности привлечения инвесторов, интересы которых могут быть учтены «автоматически», а будут содержать в себе важную информацию о размерах государственной поддержки рассматриваемого проекта в форме субсидирования процентных ставок, определяемых разностью требований инвесторов к доходности инвестиций и ставки дисконтирования, применяемой для оценки эффективности экологического проекта.

Д) Учет (в количественной форме) влияния неопределенностей и рисков, сопровождающих реализацию проекта.

В практике обоснования эффективности инвестиционных проектов наиболее распространенным методом учета рисков является использование «премии за риск». Суть этого метода заключается в повышении безрисковой ставки дисконтирования на величину премии за риск, обусловленной наличием рисков, которые невозможно диверсифицировать. Однако, применительно к экологическим проектам, особенно, с которыми является целесообразность использования пониженной по сравнению с рыночной ставки дисконтирования, метод премии за риск не работает.

Соответственно, анализ инвестиционных рисков для рассматриваемых проектов предпочтительнее проводить на либо на основе метода «тройного расчета», предполагающего моделирование пессимистического, наиболее вероятного и оптимистического сценариев изменения денежных потоков, генерируемых проектом, либо путем оценки устойчивости ключевых показателей эффективности инвестирования (прежде всего – чистого дисконтированного дохода) к изменению влияющих на них параметров (размера капитальных вложений, объема и цены продаж и т. д.).

В завершение настоящей статьи обратим внимание и на особенности оценки фактической эффективности осуществления экологических проектов. Как известно, основным методом такой оценки является сопоставление динамики плановых и фактических денежных потоков по проекту с последующим анализом причин имеющих место отклонений. Но для

экологических проектов подобный подход зачастую просто невозможен, по крайней мере, для рассмотренных ранее случаев, в которых: 1) цель проекта заключалась в снижении величины или вероятности возникновения ущерба от наступления негативных экологических последствий; 2) эффекты реализации проекта сложно или невозможно представить в виде стоимостных показателей.

Поэтому при проведении оценки фактической эффективности экологических проектов рекомендуется использовать методику PART (Program assessment rating tool), разработанную в США и широко апробированную в разных странах мира для государственных программ. Ее содержательной основой является метод многокритериальной оценки характеристик реализуемых программ, сгруппированных по таким областям как цели и структура программы, стратегическое планирование, управление программой и результаты выполнения программы (подробнее об этом см. [12, 13]. По сути, «замещение» традиционных методов оценки фактической эффективности инвестиционных проектов инструментарием, применяемым при оценке фактической эффективности государственных программ, часто становится вынужденной мерой для экологических проектов и отражает их специфику.

Выводы

К ключевым особенностям оценки эколого-экономической эффективности инвестиционных проектов, выявленным в настоящей статье, следует отнести:

высокую вероятность того, что представление критически значимых эффектов реализации рассматриваемых проектов в денежной форме окажется невозможным;

необходимость оценки предотвращенных экологических ущербов и вероятности их наступления;

повышенную значимость ликвидационной стадии проекта, обусловленную рисками накопления негативных экологических последствий к концу жизненного цикла проекта;

целесообразность использования пониженной ставки дисконтирования по сравнению с рыночной;

целесообразность применения сценарного метода анализа динамики денежных

потоков по проекту для учета инвестиционных рисков реализации экологических проектов (в отличие от наиболее распространенной практики применения метода «премии за риск»);

целесообразность отказа от использования традиционных методов оценки фактической эффективности инвестиционных проектов в пользу метода PART (Program Assessment Rating Tool).

Библиографический список

1. Виленский П. Л., Лившиц В. Н., Смоляк С. А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика: 4-е издание. – М.: Дело, 2008. – 1104 с.
2. Брейли Р., Майерс С. Принципы корпоративных финансов – М.: Олимп-Бизнес, 2008. – 1008 с.
3. Мельников Р. М. Экономическая оценка инвестиций. – М.: Изд. «Прспект», 2014. – 264 с.
4. Value for money analysis: Practices and challenges. – Wash.: The World Bank, 2013.
5. Guide to cost-benefit analysis of investment projects. – European Commission, 2008.
6. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (2-я ред., утв. приказом Минэкономразвития РФ, Минфина РФ и Госкомитета РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике от 21 июня 1999 г. № ВК 477) (Электронный ресурс). – URL: <http://www.twirpx.com/file/47478/> (Дата обращения 12.05.2016).
7. Марголин А. М. Учет нефинансовых факторов при обосновании целесообразности реализации экологических проектов // Государственная служба. – 2015. – № 5 (97). – С. 55–60.
8. Краснощеков В. Н., Семендуев В. А. Оценка экономической эффективности природообустройства агроландшафтов. – М.: МГУП, 2013. – 171 с.
9. Марголина Е. В. Обоснование экономической эффективности средозащитных инвестиционных проектов: учебное пособие. – М.: МГУП, 2009. – 81 с.
10. Айдаров И. П., Краснощеков В. Н. Методология оценки экологической эффективности природообустройства агроландшафтов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2005. – № 5. – С. 40.
11. Марголин А. М., Хутыз З. А. Проблемы экологизации экономического механизма хозяйствования. – Майкоп: изд. «Адыгея», 1996. – 120 с.
12. John B. Gilmour. Implementing OMB's Program Assessment Rating Tool (PART): Meeting the Challenges of Integrating Budget and Performance // OECD Journal on Budgeting. – Volume 7 – № 1. – P. 40.
13. Марголин А. М. Критерии эффективности при реализации государственных программ // Государственная служба. – 2013. – № 2 (82). – С. 22–27.

Материал поступил в редакцию 12.05.2016.

Сведения об авторах

Марголин Андрей Маркович, доктор экономических наук, профессор, проректор; ФГБОУ ВО РАНХиГС; 119571, Москва, проспект Вернадского, 82; +7(499)956-94-62; e-mail: margolin-am@ranepa.ru.

Марголина Елена Викторовна, кандидат экономических наук, профессор кафедры экономики природообустройства; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Б. Академическая, д. 44; e-mail: margolina.el@yandex.ru.

A. M. MARGOLIN

The Federal state budget educational institution of higher education
«The Russian academy of national economy and state service under the President of the Russian Federation», Moscow

E. V. MARGOLINA

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

FEATURES OF ASSESSMENT OF ECOLOGICAL-ECONOMIC EFFICIENCY OF INVESTMENT PROJECTS

The article examines the problems of eco-economic efficiency assessment of investment projects and ways of their solutions. It identifies the following peculiar features of eco-economic assessment: it is highly probable that critically important impacts of an environmental project will prove irrepresentable in monetary terms; it is necessary to assess the ecological damage prevented and the probability of possible damage; the liquidation stage of a project is of higher

significance due to the risk of accumulated negative environmental impacts by the end of the project life cycle; it is beneficial to apply a lowered discount rate in comparison with the market rate; a scenario based analysis of cash flow dynamics to evaluate investment risks of environmental project implementation is more advisable as opposed to the widely used risk premium approach; it is advisable to forego traditional methods of ex post evaluation of investment projects in favor of PART (Program Assessment Rating Tool).

Eco-economic efficiency of investment projects, principles of investment efficiency evaluation, discount rate, investment risks of environmental projects, environmental damage.

References

1. **Vilensky P. L., Lovshits V. N., Smolyak S. A.** Otsenka effektivnosti investitsionnykh proektov. Teoriya i praktika: 4-e izdaniye. – M.: Delo, 2008. – 1104 s.
2. **Braili R., Miers S.** Printsipy korporativnykh finansov. – M.: Olimp-biznes, 2008. – 1008 s.
3. **Meljnikov R. M.** Economicheskaya otsenka investitsij. – M.: Izd. «Prospect», 2014. – 264 s.
4. Value for money analysis: Practices and challenges. – Wash.: The World Bank, 2013.
5. Guide to cost-benefit analysis of investment projects. – European Commission, 2008.
6. Metodicheskije rekomendatsii po otsenke effektivnosti investitsionnykh proektov (2-ya red., utv. Prokazom Mineconomrazvitiya RF, Minfina RF i Goscomiteta RF po stroitel'noj, arhitekturnoj i zhilishchnoj politike ot 21 iyunya 1999 g. VK 477) (Electronny resurs). – URL: <http://www.twirpx.com/file/47478/> (Data obrashcheniya 12.05.2016).
7. **Margolin A. M.** Uchet nefinansovykh faktorov pri obosnovanii tselesoobraznosti realizatsii ekologicheskikh proektov // Gosudarstvennaya sluzhba. – 2015. – № 5 (97). – S. 55–60.
8. **Krasnoshchekov V. N., Semenduev V. A.** Otsenka ekonomicheskoy effektivnosti prirodoobustroystva agrolandshaftov. – M.: MGUP, 2013. – 171 s.
9. **Margolina E. V.** Obosnovaniye ekonomicheskoy effektivnosti sredoza-shchitnykh investitsionnykh proektov: uchebnoye posobiye. – M.: MGUP, 2009. – 81 s.
10. **Aidarov I. P., Krasnoshchekov V. N.** Metodologiya otsenki ekologicheskoy effektivnosti prirodoobustroystva agrolandshaftov // Melioratsiya i vodnoye hozyaistvo. – 2005. – № 5. – S. 40.
11. **Margolin A. M., Hutyk Z. A.** Problemy ekologizatsii ekonomicheskogo mehanizma hozyajstvovaniya. – Maikop: izd. «Adygeya», 1996. – 120 s.
12. **John B. Gilmour.** Implementing OMB's Program Assessment Rating Tool (PART): Meeting the Challenges of Integrating Budget and Performance // OECD Journal on Budgeting. – Volume 7 – № 1. – P. 40.
13. **Margolin A. M.** Kriterii effektivnosti pri realizatsii gosudarstvennykh program // Gosudarstvennaya sluzhba. – 2013. – № 2 (82). – S. 22–27.

Received on 12.05.2016.

Information about the authors

Margolin Andrej Markovich, doctor of economic sciences, professor, prorektor; FSBEI HE RANHiGS; 119571, Moscow, prospect Vernadskogo, 82; +7(499)956-94-62; e-mail: margolin-am@ranepa.ru

Margolina Elena Viktorovna, candidate of economic sciences, professor of the chair of economics of environmental engineering; FSBEI HE RSAU-MAA named after C. A. Timiryazev, ul. B. Akademicheskaya, d. 44; e-mail: margolina.el@yandex.ru.

УДК 502/504:504.4.06

Л. Д. РАТКОВИЧ, В. Н. МАРКИН, И. В. ГЛАЗУНОВА, С. А. СОКОЛОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ ДИФFUЗНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

Исследуются факторы диффузного загрязнения водных объектов. Дана классификация источников загрязнения водных объектов. Классифицированы факторы загрязнения диффузионных стоков с сельхозугодий и режим вымывания веществ из почвы. Сделан аналитический обзор влияния сельскохозяйственных угодий на загрязнение водных объектов путем выделения причинно-следственных связей. Приведена зависимость водообмена между почвенными и грунтовыми водами при изменении глубины залегания грунтовых вод. Получены примеры зависимости изменения водообмена на нетронутых, орошаемых и осушаемых землях. Анализируется вынос загрязнений в зависимости от вида сельскохозяйственного использования и урожайности. Предложена методика оценки объема диффузных стоков с сельхозугодий. Показана схема мероприятий по снижению загрязнения водных объектов диффузионными стоками с сельскохозяйственных угодий. Рассмотрена методика оценки эффективности водоохранных мероприятий на основе сопоставления коэффициентов предельного загрязнения. Представлена блок-схема использования программного комплекса для расчета диффузного загрязнения с сельскохозяйственных земель. Показаны результаты модельных экспериментов применительно к речному бассейну реки Каруп в Дании. Река Каруп является жизненно важной артерией для земледельческих районов. В долине реки Каруп расположено множество сельхозугодий, мелиорация которых осуществляется с использованием речного стока. Иллюстрируется распределение концентраций загрязняющих веществ в корневом слое, зоне аэрации и зоне насыщения рассматриваемого участка. Сформулированы направления дальнейших исследований. В качестве инструментария для получения объективной картины комплексного загрязнения, включая наиболее сложную, диффузную составляющую, рекомендуются применение сложных моделей, таких как программный пакет MIKE by DHI.

Диффузные источники загрязнения, сельскохозяйственные угодья, источники загрязнения вод, неорошаемые, орошаемые и осушаемые земли, возделываемые культуры, урожайность, эффективность водоохранных мероприятий, коэффициент предельного загрязнения, блок-схема программного обеспечения, имитационные расчеты с использованием компьютерных моделей, речной бассейн, концентрация загрязнений, корневой слой, ненасыщенная зона, зона насыщения.

Введение. Значение проблемы загрязнения водных объектов (рек, озер, морей, грунтовых вод и т. д.) настолько велико, что обоснование ее актуальности представляется осознанной необходимостью. Исследование диффузного загрязнения любого водного объекта неизбежно охватывает совокупность процессов взаимодействия поверхностных и подземных вод на водосборной территории с режимом антропогенного влияния. Сложность учета физики процессов соответственно влияет на структуру применяемых имитационных моделей. Кроме того, конечная цель моделирования – это создание набора сценариев природоохранных мероприятий с целью снижения нашего воздействия на природ-

ную среду, сохраняя целесообразность и эффективность хозяйственной деятельности. Объектом рассмотрения обычно является водосбор, как территориальная единица, объединяющая локальные ландшафты. В научных исследованиях и проектной практике математическое моделирование является наиболее эффективным инструментом для анализа процессов диффузного загрязнения водных объектов и водных экосистем.

Наиболее объективный и подробный анализ применения математических моделей для количественной оценки диффузного загрязнения выполнен в аналитическом обзоре Михайлова С. А. [1]. Отмечается, что работоспособность

математических моделей для неточечных источников обусловлена необходимостью формирования множественной информации о параметрах изучаемой системы и показателях ее состояния. В их числе важно выделить константы, переменные процесса и состояния системы. Параметры системы и показатели ее состояния включают размеры водосбора, орографию, водопроницаемость водосбора и его участков, влагоемкость поверхности водосбора, характеристики почв (текстура, проницаемость, эрозионная опасность), растительный покров, каналы и водостоки, системы канализации и естественные дренажные характеристики, адсорбирующая способность взвешенных веществ, характеристики водного баланса территории.

Как в плане инженерной постановки, так и с математической точки зрения проблема моделирования распределенных источников является более сложной, чем в случае сосредоточенных источников загрязнения. Даже в простейшей схеме моделирования диффузного загрязнения «река – водосбор» требуется двумерное представление. Процесс распределения концентраций загрязняющего вещества в водном объекте по двум координатам описывается дифференциальными уравнениями второго порядка в частных производных. При моделировании рассредоточенной нагрузки приходится одновременно проводить расчеты и самой нагрузки, и русловых течений и параметров, определяющих качество воды.

Сельскохозяйственное производство, расположенное на больших площадях угодий, является активным и масштабным источником диффузного загрязнения водных объектов. Несмотря на значительный опыт в изучении вопросов формирования стока и взаимодействия поверхностных и подземных вод и их качества, роль диффузной составляющей в загрязнении поверхностных водных объектов изучена недостаточно. Различаются подходы к определению массы загрязнений, поступающих в водные объекты с сельскохозяйственных водосборов, и оценке их воздействия на качество поверхностных вод. Недостаточно изучены территориальные особенности формирования диффузного стока. Нуждаются в дополнительных исследованиях вопросы нормирования антропогенного воздействия на речные водосборы с

доминирующим сельскохозяйственным использованием [2, 3].

Материалы и методы исследований. Существенным моментом исследований в рассматриваемой области является решение масштабной научно-практической задачи, начиная с гидролого-гидрогеологических аспектов [4] до разработки комплексных водоохранных мероприятий с оценкой эффективности последних.

В качестве действующего программного пакета авторами использовалась универсальная система гидрологического моделирования MIKESHE, в основу которой положена модель Европейской гидрологической системы SHE (System Hydrologique European – Разработчик – DHI Water & Environment (Дания)). MIKE SHE является физико-математической моделью с распределенными параметрами. Модель учитывает задержание осадков растительностью, эвапотранспирацию, снеготаяние, склоновый и русловый сток, движение воды в ненасыщенной и насыщенной зонах, миграцию загрязняющих веществ с сельскохозяйственных угодий.

Схема поступления загрязнений в водный объект достаточно прозрачна (рис. 1). Очевидно, интенсивность проявления разных факторов зависит от конкретных особенностей водосбора. Для удобства анализа на рисунке 2 дана классификация источников загрязнения по трем показателям – происхождению, продолжительности и режиму воздействия. Классификация дополнена также описанием носителей и видов загрязняющих веществ.



Рис. 1. Схема поступления загрязняющих веществ в подземные горизонты

Анализ факторов, влияющих на загрязнение водных объектов стоками с сельскохозяйственных угодий. Сельское



Рис. 2. Происхождение и характер источников загрязнения вод

хозяйство является основным источником загрязнения природных вод удобрениями и ядохимикатами. В районах развитого земледелия оно становится определяющим. В среднем с одного гектара пашни может выноситься в год до 80 кг нитратного азота, 3 кг фосфора и 60 кг калия, в зависимости от типа почв, количества и характера выпадающих осадков, вида растений, дозы удобрений [5].

Поверхностные и подземные (в первую очередь грунтовые воды) водные объекты являются непосредственными приемниками вымываемых с сельскохозяйственных угодий веществ. Грунтовые воды питают поверхностные водные объекты, в том числе реки, наиболее интенсивно используемые в хозяйственной деятельности и как следствие, характеризующиеся неудовлетворительным качеством воды. Таким образом, проявляется опосредованное влияние сельскохозяйственного производства на окружающую среду.

Состав загрязнителей, которые вымываются из почв, и их роль в загрязнении водоисточников зависит от ряда факторов, в том числе свойств загрязняющих ингредиентов. К характерным загрязнителям относятся следующие элементы и

соединения: соединения азотной группы (в первую очередь нитратный и аммонийный азот); калий; фосфор; растворенные органические вещества; сульфаты; хлориды и др. Высокой подвижностью в почве обладают отрицательно заряженные ионы, например, нитратный азот, сульфаты и хлориды. Они выносятся с поверхностным и подземным стоком. Так, средняя миграционная способность нитратов (по Лавриченко В. М) доходит до одного метра в год. Подвижность фосфатов ограничена их слабой растворимостью в воде и составляет несколько сантиметров в год. Нуждается в совершенствовании нормативная основа, регламентирующая качество воды в водных объектах, и в ряде случаев противоречивая [6–10].

Режим попадания загрязняющих веществ в водные объекты определяется первопричиной и способствующими факторами. Причиной вымывания веществ является поступление воды на почву при выпадении дождей, таянии снега и орошении. При этом формируются поверхностный и подземный сток в соотношении, определяющемся количеством и интенсивностью осадков, инфильтрационной

способностью грунтов, испарением.

С учетом изложенного можно укрупненно сформулировать естественные и антропогенные факторы (табл. 1), определяющие режим вымывания загрязняющих веществ из почвы:

содержание загрязняющих веществ в почве;

пространственное положение и мощность зоны аэрации;
водно-физические характеристики почво-грунтов;
условия сельскохозяйственного использования;
режим мелиоративного воздействия;
рельеф местности.

Таблица 1

Факторы загрязнения диффузных стоков с сельскохозяйственных угодий

Климатические	Почвенные	Гидрологические	Гидрогеологические	Агрохимические	Агротехнические	Биологические	Гидромелиоративные
- осадки - испарение - сумма положительных температур - снеготаяния - интенсивность снеготаяния	- тип почв - гранулометрический состав - содержание гумуса - подверженность эрозии - плотность агрегатов и межагрегатное сцепление - коэффициент уплотнения - влажность почвы	- рельеф территории водосбора - уклон водосбора - структура землепользования на водосборе - озерность - залесенность - заболоченность - модуль поверхностного стока	- глубина залегания грунтовых вод - коэффициент фильтрации - модуль подземного стока	- система удобрений - средства защиты растений - средства химической мелиорации почв	- система обработки почвы - используемая сельскохозяйственная техника	- вид с./х. культур - тип и вид севооборота	- орошение: - способ полива - интенсивность подачи воды - оросительные нормы - режим подачи воды - вторичное засоление - осушение: - норма осушения - глубина заложения дренажа

Названные позиции подробно рассмотрены авторами данной статьи. Содержание загрязняющих веществ в почве зависит от типа почв (естественного почвенного плодородия), режима внесения удобрений, включая дозы и сроки внесения, формирующие фактическое плодородие, вида выращиваемых растений (влияет на микрофлору, количество корневых и пожнивных остатков).

Пространственное положение и мощность зоны аэрации определяет скорость инфильтрации и соответственно интенсивность водообмена почвенных и грунтовых вод. Характер зависимости водообмена между почвенными и грунтовыми водами при изменении глубины залегания грунтовых вод (осредненные данные по ряду объектов) приведены на рисунке 3. Положительное значение величины водообмена свидетельствует об инфильтрации воды, отрицательное – о пополнении запасов почвенных вод со стороны грунтовых. Наиболее опасной с точки зрения загрязнения грунтовых вод, является глубина их залегания около 1 м и больше, когда в среднем за декаду преобладает инфильтрационный поток над испарением с поверхности грунтовых вод.

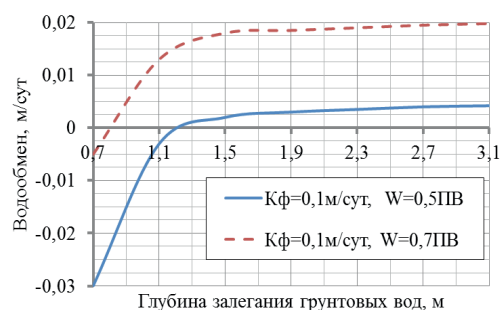


Рис 3. Интенсивность водообмена между почвенными и грунтовыми водами при изменении глубины залегания грунтовых вод и влажности

Водно-физические характеристики почв определяют, наряду с рельефом местности, долю поверхностного и подземного стока. Водно-физические характеристики почв определяют их инфильтрационную способность. Характерно гиперболическое очертание кривых зависимости водообмена от влажности почвы (рис. 4).

Условия сельскохозяйственного использования угодий, обусловлены в первую очередь видом выращиваемых культур.

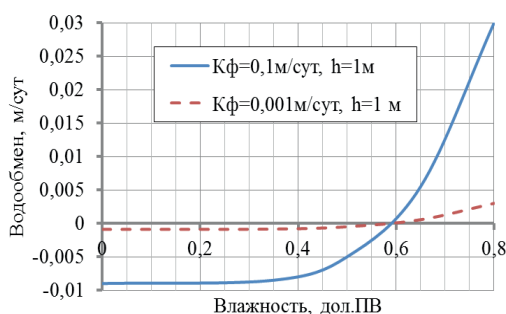


Рис. 4. Зависимость водообмена между почвенными и грунтовыми водами от влажности почвы при фиксированных значениях глубины залегания уровня грунтовых вод h и коэффициента фильтрации K_{ϕ}

Объем вымыва веществ из почвы на черном пару вдвое больше, чем с угодий под картофелем и примерно в четыре раза больше, чем с севооборота зерновых. Интегральный показатель сельскохозяйственной деятельности, урожайность культур непосредственно связан с агротехникой – системой приемов возделывания культурных растений. Современная агротехника направлена на сохранение почвенного плодородия, защиту почв от эрозии. Зависимость объемов выноса от урожайности культур можно представить линейной зависимостью. Стремление повысить урожайность приводит к необходимости повышения уровня агротехники. Разбивая урожайность по уровню агротехники на три группы (низкий уровень, средний и высокий), можно установить ее влияние на вымыв веществ из почвы [6]. Таким образом, повышение уровня агротехники, связанное с повышением плодородия почв, приводит к увеличению содержания питательных веществ в почве (и других веществ, в том числе пестицидов), что увеличивает опасность их вымывания в водные объекты. Очевидно, следует создавать условия, снижающие потери веществ, в частности, медленнодействующие удобрения.

Режим мелиоративного воздействия. Мелиоративные мероприятия, в частности гидротехнические, увеличивают энергонасыщенность гектара угодий, усиливая давление на природные ландшафты, в частности увеличивая объемы вымыва веществ из почвы. Так, осушение земель повышает дренированность территории и увеличивает объемы вымыва веществ из

почвы. Связано это с поддержанием уровня грунтовых вод в пределах (0,6...1,0) м по сравнению с заболоченными луговыми угодьями, где их глубина (0,3...0,7) м). Влажность почвы также стабилизируется (если не учитывать влияние осадков). При этом режим испарения (не осушенные земли) грунтовых вод переходит в инфильтрационный (при осушении).

Орошение увеличивает количество поступающей на угодья воды. При этом дождевание, как наиболее распространенный способ полива в России, увеличивает подземную составляющую стока, так как образование поверхностного стока не допускается. Орошение увеличивает потери веществ из почвы, по сравнению с богарными условиями, в 1,5...2,5 раза.

Влияние рельефа местности проявляется, главным образом, через уклон. Водно-эрозионные процессы начинаются при уклонах в 3° и усиливаются при уклонах 5...6 градусов. Возрастает объем взвешенных частиц вместе с сорбированными веществами, в том числе фосфором.

Формализация объемов диффузных стоков. Для приближенной оценки ситуации можно использовать эмпирические подходы, принимая линейность связи между объемом веществ $V_{\text{пв}}$, выносимых с поверхностным стоком, с величиной стока, можно представить объем выноса в виде формулы (1).

$$V_{\text{пв}} = MG\sqrt{I}f(a, k_{\phi}), \quad (1)$$

где M – количества поступающей на почву воды; G – удельное содержание веществ в почве; a – показатель вида загрязняющего вещества; k_{ϕ} – коэффициент впитывания:

$$k = k_{\phi}[(\omega - \omega_0)(\Pi - \omega_0)]^n, \quad (2)$$

где ω – влажность почвы; k_{ϕ} – коэффициент фильтрации; ω_0 – влажность, при которой прекращается движение влаги в почве под действием капиллярных сил; Π – пористость почвы; n – коэффициент учитывающий тип почв ($n = 3,5...6$).

Рассуждая аналогичным способом, можно прийти к формуле:

$$V_{\text{пс}} = Mghf_1(a, k_{\phi}), \quad (3)$$

где h – мощность зоны аэрации; $f(a, k_{\phi})$, $f_1(a, k_{\phi})$ – функции, задающие размерность эмпирических формул в привязке к виду загрязняющих веществ.

Дальнейшее решение задачи в данной постановке связано с включением гидрологических характеристик водного объекта и нуждается в специальном рассмотрении.

Описание и теоретические основы интегрированной модели MIKE SHE. Рассматриваемый продукт – это интегрированная система моделирования

потоков поверхностных и грунтовых вод, транспорта растворов и взвесей во всей земной фазе гидрологического цикла. Определение водного баланса системы поверхностных/грунтовых вод, включающее описание динамики их взаимодействия, содержания воды в ненасыщенной зоне, процессов испарения и транспирации позволяет устанавливать наиболее точные граничные условия для этой системы. MIKE SHE является детерминистической моделирующей системой, описывающей реальные физические процессы решением отдельных дифференциальных уравнений.

Отличительными свойствами MIKE SHE являются:

мощные средства подготовки данных и представления результатов (оцифровка и интерполяция пространственной информации, графическое редактирование, встроенная ГИС и база данных почвенных свойств, процедура аппроксимации и генерализации геологических данных, возможности компьютерной анимации результатов моделирования);

управление шагами вычислений, увеличивающее точность расчетов и экономящее аппаратные средства и время, с помощью специальных математических процедур.

Модульная структура MIKE SHE делает ее применимой к различным временным и пространственным шкалам и к различным уровням сложности. Выбор сложности модели основывается на варьировании факторов, таких как доступность данных, размеры моделирующего объекта, тип и сложность проблемы, требуемая точность результатов, компьютерные возможности и экономическая целесообразность.

Моделирующая система MIKE SHE может быть применена практически к любому виду гидрологических проблем, а для некоторых проблем является единственным математическим средством:

прогноз влияния изменений в землепользовании с точки зрения водных запасов, затопления, почвенной эрозии;

анализ ирригационных схем;

запросы воды на ирригацию;

оценка потенциальной урожайности;

анализ мероприятий против засоления;

взаимодействие поверхностных и грунтовых вод: прогноз эффекта от использования грунтовых и поверхностных вод, прогноз воздействия ирригации и дренажа

на затопление и подтопление;

исследование качества вод, в которых необходимо детальное изучение водного баланса и скоростей потоков;

исследование риска загрязнений, в том числе диффузных, грунтовых вод и эффекта от проведения водоохранных мероприятий;

изменение структуры землепользования;

почвенная эрозия/перенос взвесей.

MIKE SHE применима к объектам различного масштаба, от простого профиля почвы до крупных регионов, которые могут включать бассейны нескольких рек.

В качестве отладочного расчетного примера при оценке диффузионных стоков с сельскохозяйственных угодий рассматривался речной бассейн реки Каруп в Дании. Река является жизненно важной артерией для сельскохозяйственных районов, находящихся в районе ее течения. В долине Каруп расположено множество сельхозугодий, мелиорация которых осуществляется с использованием речного стока.

Расчеты выполнены для 3-х видов сельскохозяйственных культур исходное – травы, зерновые (озимая пшеница, рис. 6) и кукуруза на зеленый корм, для условий богары (исходное) и орошения дождеванием на фоне дренажа для глубины заложения дренажа – 0,5, 0,8, 1,2 м. Такого рода исследования ранее не выполнялись.

Результаты исследований. В результате модельных экспериментов были получены графики накопления массы остатка загрязняющего вещества; карты концентраций; модуль расположения источника и пути потока частиц, движущихся в насыщенной зоне грунтовых вод. Возможности внешнего интерфейса модели демонстрируются на рисунках 5–7.

Следует отметить, что использование моделей данного типа сопряжено с кропотливой и многочасовой работой с исходным материалом. Поэтому формирование базы данных по речным бассейнам является важнейшей задачей, как в части научных исследований, так и в процессе подготовки студентов по направлению образования «Природообустройство и водопользование».

Для принятия решений по комплексу водоохранных мероприятий необходима

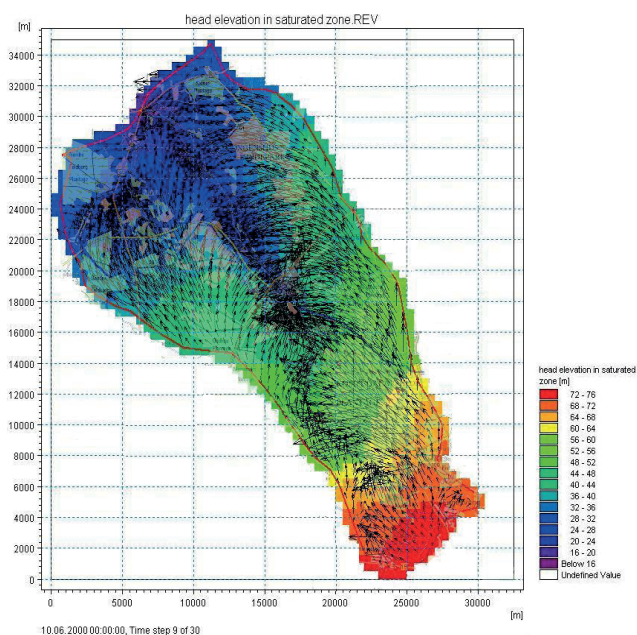


Рис. 5. Карта векторов изменения положения уровня грунтовых вод (УГВ) в соответствии с факторами естественного увлажнения и нормами орошения

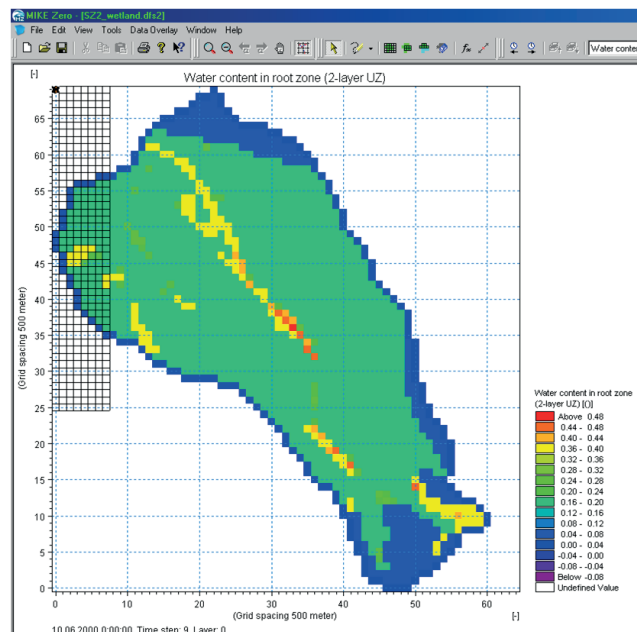


Рис. 6. Изменение содержания влаги в корнеобитаемом слое при загрузке севооборота зерновыми культурами (пшеница)

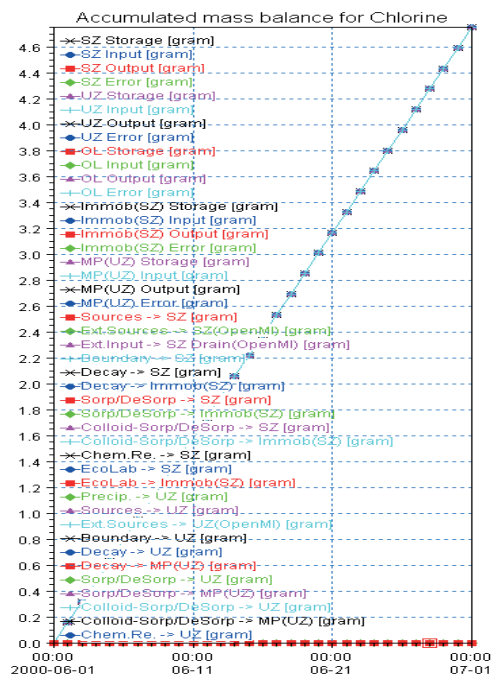
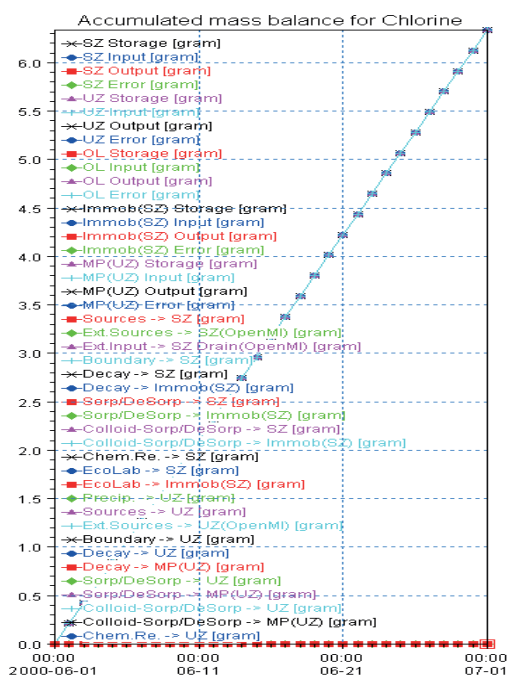


Рис. 7. Аккумулируемые массы (г/га) хлор-органических пестицидов во времени

разработка собственных приложений для интерпретации результатов имитационных экспериментов. Формальная, хотя и профессиональная статистическая обработка, не всегда приемлема. Требуется анализ стандартных результирующих форм для практического инженерного анализа, например для построения зависимостей, показанных на рисунке 8, а также для исследования взаимодействий поверхностных и подземных вод.

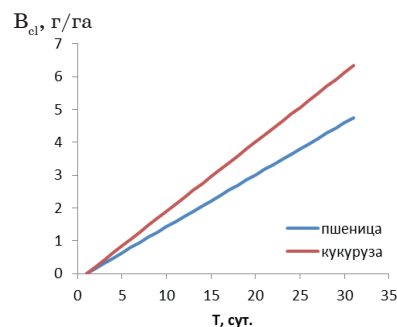


Рис. 8. Накопление остатков пестицидов Cl в корнеобитаемой зоне

Мероприятия по снижению загрязнения водных объектов диффузными стоками с сельскохозяйственных земель. Классифицируя водоохранные мероприятия, направленные против диффузного загрязнения,

стоит разделить мероприятия на связанные с формированием загрязняющих стоков и непосредственно воздействующие на водный объект. Схема мероприятий представлена на рисунке 9.

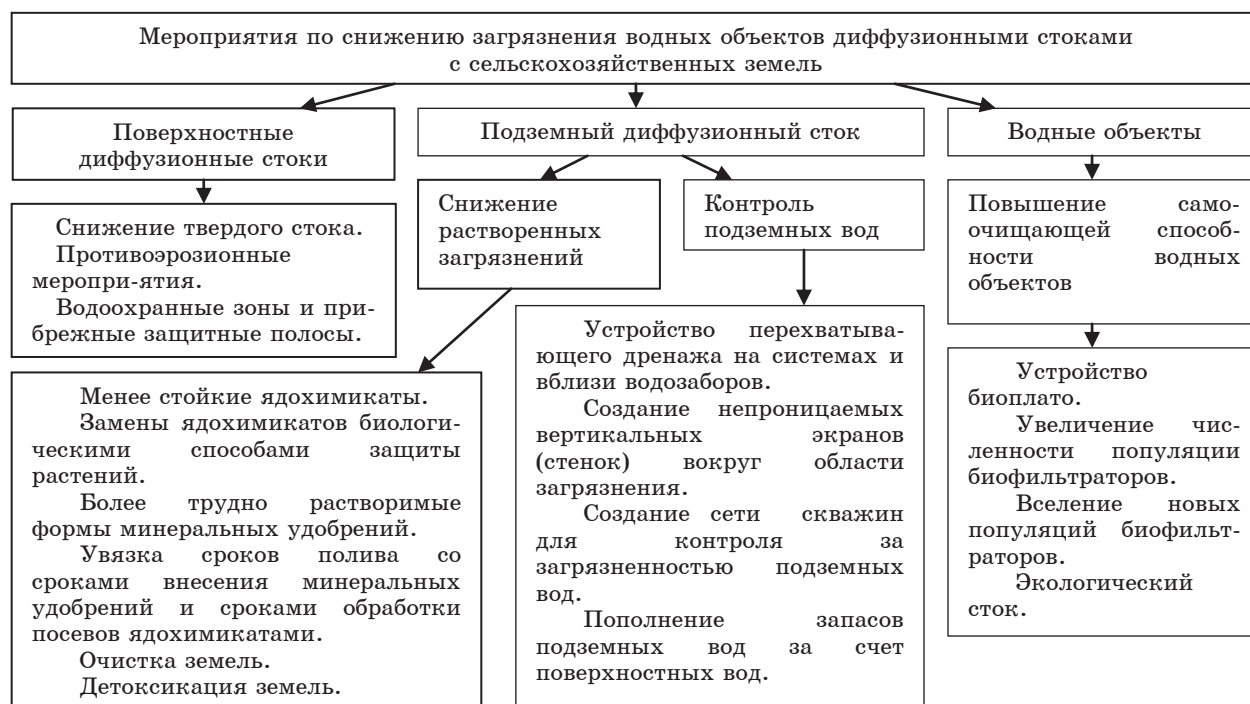


Рис. 9. Схема комплексных водоохранных мероприятий, направленных на предотвращение диффузного загрязнения водных объектов и сокращение последствий загрязнения

Планирование водоохранных мероприятий подразумевает определение показателей их эффективности, регулируя которые, следует добиться требуемого качества воды в реке. В качестве интегрального показателя можно использовать индекс загрязнений, либо его модификации. Наиболее удобным с точки зрения проектной практики по нашему мнению является коэффициент предельной загрязненности ($K_{\text{во}}^{\text{пз}}$) водного объекта [11]. В рамках методики сначала находятся соответствующие объемы предельного загрязнения $W_{\text{пз}}$, которые оцениваются для каждой группы отраслевых водопользователей с учетом ЛПВ (лимитирующего

показателя вредности).

$$W_{\text{пз}j} = K_{\text{пз}j} W_{\text{вв}j}, \quad (4)$$

где $K_{\text{пз}j} = (1/N_j) \sum_{i=1}^N (C_i / \text{ПДК}_i - 1)$; j – номер группы водопользователей из m учитываемых групп; i – номер загрязняющего вещества в группе из N учитываемых веществ.

Коэффициент предельного загрязнения для водного объекта оценивается в привязке к году обеспеченности p по формуле (5), что позволяет анализировать качество водных ресурсов по всему спектру водности в соответствии с таблицей 2 [11, 12]. $K_{\text{во},p}^{\text{пз}} = [(\sum_{j=1}^m (W_{\text{пз}j} + W_{\text{вв}j}) / S_p) - 1]$, (5) где $W_{\text{вв}j}$ – возвратные воды j -ой группы водопользователей; S_p – балансовое значение объема стока в контрольном створе с учетом изъятия воды, возвратных вод, регулирования и потерь из водохранилищ.

Таблица 2

Классификация качества воды и состояния водных ресурсов по значениям индекса загрязнения и коэффициента предельного загрязнения

Показатель	Класс качества воды					
	1	2	3	4	5	6
ИЗВ	$\leq 0,2$	0,2...1	1...2	2...4	4...6	> 6
$K_{\text{пз}}$	$\leq -0,8$	-0,8...0	0...1	1...3	3...5	> 5

Классы качества воды: 1 – очень чистая; 2 – чистая; 3 – умеренно загрязненная; 4 – загрязненная; 5 – грязная; 6 – очень грязная.

Эффективность Θ мероприятий может быть выражена через коэффициенты предельной загрязненности $K_{пз}$ и $K_{пз}^{вом}$ до и после проведения водохозяйственных и водоохраных мероприятий:

$$\Theta = [(K_{пз} - K_{пз}^{вом}) / K_{пз}] 100\%. \quad (6)$$

Выводы

Материалы исследований по теоретической и научно-практической составляющим проблемы диффузных загрязнений свидетельствует как о выраженной актуальности, так и необходимости развития методики расчета загрязнений в многолетнем разрезе. Методика должна быть ориентирована на многофакторное обоснование комплексных водоохраных мероприятий. Мероприятия классифицируются по месту их проведения: в источнике загрязнения; транзитной зоне и водном объекте. Существенным моментом в процессе обоснования мероприятий являются особенности формирования диффузных стоков различного происхождения. При этом сельское хозяйство является главным источником загрязнения природных вод удобрениями и ядохимикатами, особенно в районах развитого земледелия.

Максимально надежным инструментарием (в нашем случае датский пакет MIKE SHE) являются программные пакеты зарубежного и отечественного производства, корректно описывающие режим взаимодействия поверхностных и подземных вод, динамику формирования и переноса загрязняющих веществ в водные объекты.

В дальнейшем авторы планируют исследования в разрезе вариантов по природно-климатическим характеристикам; по типу мелиоративных систем; по видам орошения; по характеру мелиоративного воздействия; по мероприятиям на водосборе; по типам водоохраных мероприятий.

Библиографический список

1. Михайлов С. А. Диффузное загрязнение водных экосистем. Методы оценки и математические модели: Аналит. обзор / СО РАН. ГПНТБ, Ин-т водных и экологич. проблем: Сер. Экология; вып. 56. – Барнаул: День, 2000. – 130 с.
2. Водогребский В. Е. Антропогенное изменение стока малых рек: монография. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 176 с.
3. Борисова Г. Г. Геоэкологические основы управления диффузным стоком с сельскохозяйственных водосборов: дис. ... д-ра географ. наук: 25.00.36. – Екатеринбург, 2002. – 319 с.
4. Манукьян Д. А., Жабин В. Ф. Гидрогеоэкологические проблемы в задачах природообустройства: монография. – М.: МГУП, 2006. – 194 с.
5. Особенности гидрохимического режима вод гидрографической сети мелиорированных водосборов / В. С. Брезгунов [и др.] // Мелиорация переулаженных земель. – 1985. – Вып. XXXIII. – С. 80–89
6. Метод оценки качества вод и состояния водных экосистем в схемах КИОВР / Шабанов В. В., Маркин В. Н. – М.: МГУП, 2007. – 81 с.
7. Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (приказ Федерального агентства по рыболовству от 4 августа 2009 года № 695) (Электронный ресурс). – URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2069452/> (Дата обращения 10.05.2016).
8. Методические указания по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты (приказ МПР РФ от 12 декабря 2007 г. № 328) (Электронный ресурс). – URL: <http://zakonbase.ru/content/base/115176> (Дата обращения 10.05.2016).
9. Методические указания по разработке нормативов предельно допустимых вредных воздействий на поверхностные водные объекты (приказ Минприроды РФ № 328 от 26 февраля 1999 г.) (Электронный ресурс). – URL: <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/52/52467/index.htm> (Дата обращения 10.05.2016).
10. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей (приказ МПР № 333 от 17.12.2007) (Электронный ресурс). – URL: <http://www.promecovod.ru/tseny?id=75> (Дата обращения 10.05.2016).
11. Шабанов В. В., Маркин В. Н. Эколого-водохозяйственная оценка водных объектов. монография. – М.: МГУП, 2009. – 154 с.

12. Шабанов В. В., Вершинская М. Е., Маркин В. Н. Эколого-водохозяйственная оценка водосбора и водных объектов бассейна Иртыша // Материалы международной научно-практической конференции «Роль природообустройства сельских территорий в обеспечении устойчивого развития АПК». – М.: МГУП, 2007. – С. 290–307.

Материал поступил в редакцию 29.04.2016.

Сведения об авторах

Раткович Лев Данилович, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Комплексное использование водных ресурсов и гидравлики»; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д.19; e-mail: levkivr@mail.ru.

Маркин Вячеслав Николаевич, кандидат технических наук, профессор кафедры «Комплексное использование водных ресурсов и гидравлики»; Федеральное

государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д.19; e-mail: mvnarkin@mail.ru.

Глазунова Ирина Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Комплексное использование водных ресурсов и гидравлики»; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д.19; e-mail: ivglazunova@mail.ru.

Соколова Светлана Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Комплексное использование водных ресурсов и гидравлики»; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д.19; e-mail: sokolovasvetlana@mail.ru.

L. D. RATKOVICH, V. N. MARKIN, I. V. GLAZUNOVA, S. A. SOKOLOVA

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

FACTORS OF INFLUENCE OF DIFFUSE POLLUTION ON WATER BODIES

There are investigated factors of diffuse pollution of water bodies. There is given a classification of sources of pollution of water bodies. Factors of pollution of diffusive flows from agricultural lands and a regime of matters washing out from the soil are classified. There is made an analytical survey of the influence of agricultural lands on contamination of water bodies by means of defining cause-and-effect relations. There is given a dependence of water exchange between soil and ground water at the change of the depth of ground water bedding. There are obtained examples of the dependence of the change of water exchange on untouched, irrigated and drained lands. There is analyzed a withdrawal of impurities depending on the type of agricultural usage and productivity. There is proposed a method of assessment of the volume of diffuse flows from agricultural lands. There is shown a scheme of measures on reducing contamination of water bodies by diffuse flows from agricultural lands. There is considered a method of assessment of the efficiency of water protection measures on the basis of comparison of coefficients of maximum pollution. There is presented a block-diagram of usage of a software complex for calculation of the diffuse pollution from agricultural lands. There are shown results of model experiments relating to the basin of the river Karup in Denmark. The Karup river is a vitally important artery for agricultural regions. In the valley of the Karup river a lot of agricultural lands are located the reclamation of which is fulfilled by a river runoff. Distribution of concentrations of pollutants in the root layer, aeration zone and zone of saturation of the considered part is illustrated. Directions of further investigations are formulated. As instruments for getting an objective picture of the complex pollution including the most complex, diffuse constituent it is recommended to apply compound models such as a software packet MIKE by DHI.

Diffusive sources of pollution, agricultural lands, sources of water contamination, non-irrigated, irrigated and drained lands, cultivated crops, productivity, effectiveness of water protection measures, coefficient of contamination, software block diagram, simulation calculations with usage of computer models, river basin, concentration of pollutants, root layer, unsaturated area, area of saturation.

References

1. **Mikhailov S. A.** Diffuznoye zagryaznenie vodnyh ecosystem. Metody otsenki i matematicheskie modeli: Analit. Obzor / CO RAN. GPNTB, In-t vodnyh i ekologicheskikh problem: Ser. Ecologiya; vyp. 56. – Barnaul: Denj, 2000. – 130 s.
2. **Vodogretsky V. E.** Antropogennoye izmeneniye stoka malyyh rek: monographiya. – L.: Gidrometeoizdat, 1990. – 176 s.
3. **Borisova G. G.** Geoecologicheskkiye osnovy upravleniya diffuznym stokom s sel'skokozyaystvennykh vodosbrosov: dis. ... d-ra geogr. Nauk: 25.00.36. – Yekaterinburg, 2002. – 319 s.
4. **Manukjyan D. A., Zhabin V. F.** Gidrogeoecologicheskkiye problem v zadachah prirodoobustroystva: monographiya. – M.: MGUP, 2006. – 194 s.
5. Osobennosti gidrohimicheskogo rezhima vod gidrographicheskoy seti meliorirovannykh vodosbrosov / V. S. Brezgunov [and others.] // Melioratsiya pereuvlazhnennykh zemelj. – 1985. – Vyp. XXXIII. – S. 80–89
6. Metod otsenki kachestva vod i sostoyaniya vodnyh ecosystem v shemah KIOVR/ Shabanov V. V., Markin V. N. – M.: MGUP, 2007. – 81 s.
7. Metodicheskkiye ukazaniya po razrabotke normativov kachestva vody vodnyh objektov rybohozyaystvennogo znacheniya, v tom chisel normativov predel'no dopustimyyh kontsentratsiy vrednykh veshchestv v vodah vodnyh objektov rybohozyaystvennogo znacheniya (prikaz Federal'noye agentstvo po rybolovstvu ot 4 avgusta 2009 goda № 695). (Electronny resurs). – URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2069452/> (Data obrashcheniya 10.05.2016).
8. Metodicheskkiye ukazaniya po razrabotke normativov dopustimogo vozdeystviya na vodnye objekty (prikaz MPR RF ot 12 dekabrya 2007 g. № 328) (Electronny resurs). – URL: <http://zakonbase.ru/content/base/115176> (Data obrashcheniya 10.05.2016).
9. Metodicheskkiye ukazaniya po razrabotke normativov predel'no dopustimyyh vrednykh vozdeystviy na poverhnostnyye vodnye objekty (prikaz Minprirody RF № 328 ot 26 fevralya 1999 g.) (Electronny resurs). – URL: <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/52/52467/index.htm> ((Data obrashcheniya 10.05.2016).
10. Metodika razrabotki normativov dopustimyyh sbrosov veshchestv i mikroorganizmov v vodnye objekty dlya vodopol'zovatelej (prikaz MPR № 333 ot 17.12.2007) (Electronny resurs). – URL: <http://www.promecovod.ru/tseny?id=75> (Data obrashcheniya 10.05.2016).
11. **Shabanov V. V., Markin V. N.** Ecologo-vodohozyaystvennaya otsenka vodnykh objektov, monographiya. – M.: MGUP, 2009. – S. 154.
12. **Shabanov V. V., Vershinskaya M. E., Markin V. N.** Ecologo-vodohozyaystvennaya otsenka vodosbora i vodnykh objektov bassejna Irtysha // Materialy mezhdunarodnoy nauchno-practicheskoy konferentsii «Rol' prirodoobustroystva sel'skikh territoriy v obespechenii ustoichivogo razvitiya APK». – M.: MGUP, 2007. – S. 290–307.

Received on 29.04.2016.

Information about the authors

Ratkovich Lev Danilovich, candidate of technical sciences, professor, head of the chair «Complex use of water resources and hydraulics»; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, d.19; e-mail: levkivr@mail.ru.

Markin Vyacheslav Nikolaevich, candidate of technical sciences, professor of the chair «Complex use of water resources and hydraulics»; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University»; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, d.19; e-mail: mvnarkin@mail.ru.

Glazunova Irina Victorovna, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Complex use of water resources and hydraulics»; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State

Agrarian University»; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, d.19; e-mail: ivglazunova@mail.ru.

Sokolova Svetlana Anatoljevna, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Complex use of

water resources and hydraulics»; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University»; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, d.19; e-mail: sokolovasvetlana@mail.ru.

УДК 502/504:551.482.215

В. А. ФАРТУКОВ

Закрытое акционерное общество «Бюро сервиса и эксплуатации», г. Москва

М. В. ЗЕМЛЯНИКОВА

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

ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОДНОГО ПОТОКА

Настоящая работа посвящена применению инновационных технологий для проведения гидродинамических исследований различных режимов течения воды в нижнем бьефе гидротехнических сооружений. Установлено, что в случае установившегося режима поступления расхода воды в нижний бьеф в области прыжка всегда будет иметь место неустановившийся колебательный режим течения, который образует волны с характерной амплитудой и длиной. Целью работы является изучение и расчет параметров неустановившегося колебательного режима течения в нижнем бьефе гидротехнических сооружений. Результаты решений ориентированы на определение параметров водного потока для последующего сравнения с расчетными величинами, полученными аналитическим методом. Представлена концепция проведения гидродинамических исследований нестационарного режима водного потока. Разработан алгоритм проведения исследований. Осуществлен подбор приборов, модулей, датчиков и их согласование для совместной работы при проведении измерений. Разработана программа сбора и обработки данных, поступающих от измерительного оборудования, осуществлена адаптация стандартного программного обеспечения для ввода в персональный компьютер. Применен инновационный способ определения колебания уровня водной поверхности и структуры водного потока.

Гидродинамические исследования, колебательный режим, инновационные технологии, нижний бьеф, параметры водного потока, измерительный комплекс, интеллектуальный анализ, экспериментальные исследования.

Введение. Наличие различных режимов водного потока исследуется с давних времен, однако, и в настоящее время этот вопрос остается актуальным. Актуальность вопроса обуславливается снижением стоимости производства работ при строительстве (ремонте, восстановлении) различных водопропускных сооружений, а также повышении их надежности. В публикациях ряда авторов, например [1, 2, 7], отмечалось наличие в открытых водных потоках колебаний скорости и расхода с характерными периодами $T = 1/5 \dots 1/30$ Гц [2]. Одновременно в этих работах [1, 2] приведен анализ уравнений одномерной гидравлической

идеализации, в результате которого доказано существование колебательного режима течения и приведено выражение для определения периода колебаний:

$$T = 2\pi C \sqrt{R} / g \sqrt{(I - i_0)},$$

где T – период колебаний, с.; C – коэффициент Шези, $m^{0.5}/c$; R – гидравлический радиус, м; I – уклон водной поверхности; i_0 – уклон дна.

Неустановившийся колебательный режим течения и уравнение сопряженных глубин имеют место только в случае увеличения периода временного сглаживания. Этот колебательный режим порожден трением на границе «жидкость – омываемая твердая поверхность». В зоне прыжка,

как и во всех других случаях отрывных течений, имеет место макротурбулентность с характерным временным масштабом T_m , который больше временного масштаба T_n , отвечающего обычному уравнению турбулентности без отрывных течений.

Полученное нами нелинейное дифференциальное уравнение показывает, что энергия рассеивается при больших амплитудах и генерируется при малых, при этом образуются предельные циклы, которые колеблются около состояния, при котором приток и диссипация энергии сбалансированы [3, 4].

$$\left[\frac{d^2}{dt^2} \zeta - \mu^2 \cdot \left[4 \cdot \frac{\zeta \cdot \left(\frac{d}{dt} \zeta \right)^2}{9} \right] - 5 \cdot \frac{\zeta^2}{36} + \frac{\zeta}{18} - \mu^2 \cdot \frac{3}{2} \right] \cdot$$

$$4 \cdot \frac{(h_{kp})^{\frac{3}{2}}}{3 \cdot \left(\frac{d}{dt} \zeta \right)} + \mu \cdot \left[\frac{\zeta}{3} + 4 \cdot \left(\frac{d}{dt} \zeta \right) \right] = 0$$

Наличие таких предельных циклов приводит к образованию бифуркаций векторных полей в структуре течения воды для случая прыжкового сопряжения бьефов гидротехнических сооружений.

В целях проверки правильности постановки задачи и полученных результатов аналитических исследований была разработана и собрана экспериментальная установка.

Материалы и метод исследований. Решение этой задачи осуществлялось путем проведения исследований физической модели гасителя энергии водного потока (водобойный колодец) в нижнем бьефе гидротехнического сооружения с применением измерительного комплекса. В основе измерительного комплекса лежит принцип взаимодействия приборов: измерительных модулей, преобразователей и датчиков, объединенных системой прямой и обратной взаимосвязями (рис. 1). Общий принцип проведения экспериментальных исследований базируется на интеллектуальном анализе полученных данных (data mining). В основе метода data mining лежат методы классификации, моделирования и прогнозирования. Способы реализации метода представляют собой деревья решений, искусственные нейрон-

ные сети, эволюционное программирование ассоциативной памяти и нечеткой логики.

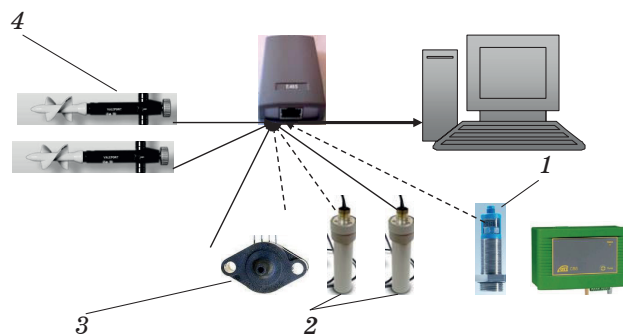


Рис. 1. Структурная схема измерительного комплекса: 1 – барботажный уровнемер; 2 – ультразвуковой измеритель уровня; 3 – дифференциальный датчик давления; 4 – микровертушки со скоростью V (м/с)

Используемый нами метод интеллектуального анализа экспериментальных данных представляет собой нейросетевую архитектуру, которая базируется на применении двунаправленной ассоциативной памяти, предложенной Барта Коско [5]. Метод базируется на модели гетеро ассоциативной памяти, в которой запоминаются ассоциации между парами образов, в нашем случае реализации записи гидродинамических параметров, скорости и глубины водного потока, гидравлического уклона. Запоминание происходит так, что при предъявлении нейронной сети одного из образов (записи реализации), восстанавливается второй член пары, т. е. другая запись реализации.

На подготовительном этапе определялось положение основного створа, которое с учетом характера движения воды обеспечит автомодельность величины уклона по отношению к длине базы измерения. Далее на основе серий долговременных экспериментов, во время которых проводились измерения колебаний скорости потока на входе, определялись собственные колебания и частотные шумы гидравлической установки. После проведенных подготовительных работ производилась запись исследуемого гидродинамического процесса для различных значений чисел Рейнольдса и Фруда и различных сочетаний гидравлических и геометрических параметров.

Статистическая надежность результатов достигалась продолжительностью

записи процесса. Уклон водной поверхности измерялся дифференциальным манометром с базовым расстоянием не менее 1,0 метра.

Скорость водного потока измерялась микровертушкой, с дискретностью от 1,0...5,0 с. Измерения уровня водной поверхности осуществлялись высокочувствительным барботажным уровнемером с дискретностью не менее 5,0 с. или высокочувствительным ультразвуковым уровнемером.

На подготовительном этапе анализа гидродинамических временных рядов определялись аномальные значения, которые впоследствии заменялись их средними значениями. При дальнейшей обработке определялся тренд, и в случае его выявления он удалялся, с последующим центрированием всего временного ряда. Устранение случайных помех осуществлялось методом скользящего среднего или экспоненциально взвешенного сглаживания. Для всех экспериментальных рядов рассчитывались функции распределения плотности вероятности и спектрограммы.

После расчета спектральной характеристики, иногда, возникала необходимость в решении задачи рассеяния. Это связано с тем, что ординаты спектрограммы являются случайными величинами, следовательно, образуется множество хаотических пиков. Для решения задачи рассеяния определялись частоты с наибольшими спектральными плотностями, т. е. частотные области, состоящие из многих близких частот, вносящие наибольший вклад в периодическое поведение всего ряда, т. е. являющиеся энергонесущими. Рассеяние устранялось путем сглаживания значений осциллограммы с помощью преобразования средневзвешенного скользящего.

Для всех реализаций вычислялась плотность распределения скорости, которая, при наличии в процессе регулярной низкочастотной периодической составляющей, является двух модальной. Действительно, как показано в [6], при возникновении автоколебаний функция распределения становилась двух модальной с максимумами, соответствующими наиболее часто появляющимся величинам.

Результат исследований. Данный информационно-измерительный комплекс позволяет решить сложные задачи по

обработке и регистрации гидродинамических характеристик нестационарности водного потока. На рисунке 2 представлена схема экспериментальной гидравлической установки исследования нестационарного режима водного потока.

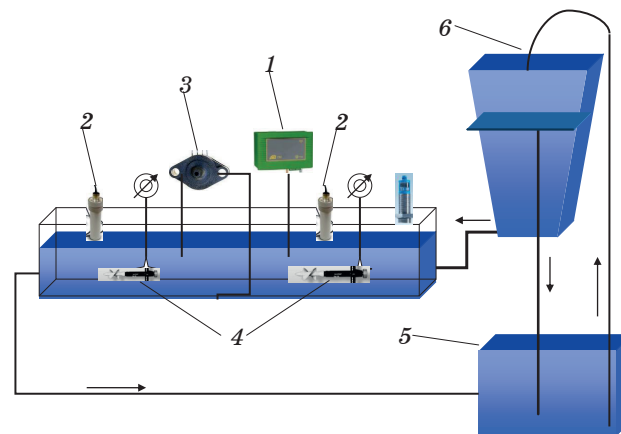


Рис. 2. Схема экспериментальной гидравлической установки исследования нестационарности водного потока и расположения контрольно-измерительного оборудования: 1 – барботажный уровнемер; 2 – ультразвуковой измеритель уровня; 3 – дифференциальный манометр-уклономер; 4 – микровертушки; 5 – подача воды в бак; 6 – сброс воды в резервуар

Выводы

Представлена концепция проведения гидродинамических исследований нестационарного режима водного потока.

Разработан алгоритм проведения исследований.

Осуществлен подбор приборов, модулей, датчиков и их согласование для совместной работы при проведении измерений. Разработана программа сбора и обработки данных, поступающих от измерительного оборудования, осуществлена адаптация стандартного программного обеспечения для ввода в персональный компьютер. Применен инновационный способ определения колебания уровня водной поверхности и структуры водного потока.

Библиографический список

1. Коваленко В. В. Измерение и расчет характеристик неустановившихся речных потоков. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 160 с.

2. Коваленко В. В. Нелинейные аспекты частично инфинитного моделирования в эволюционной гидрометеорологии. – С.-Пб.: РГГМУ, 2002. – 158 с.

3. Земляникова М. В. Фартуков В. А. Обобщенные нелинейные уравнения локальной нестационарности // Экологическая устойчивость природных систем и роль природообустройства в ее обеспечении: сб. материалов конференции. – М.: МГУП, 2003. – С. 136–137.

4. Земляникова М. В. Фартуков В. А. Качественная оценка динамической системы нелинейных колебаний прыжкового сопряжения бьефов // Роль природообустройств в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем: материалы междунар. конференции. – Ч. 1. – М.: МГУП, 2006. – С. 398–401.

5. Blackman R. B., Tukey J. The measurement of power spectral from the point of view of communication engineering. – New York: Dover, 1958.

6. Коваленко В. В. Моделирование гидрологических процессов. – С.-Пб.:

Гидрометеиздат, 1993. – 256 с.

7. Илларионов А. В. Информационно-измерительный комплекс для экспериментальных исследований квазипериодических явлений в открытых водных потоках (Электронный ресурс). – URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2003/164.pdf> (Дата обращения 10.03.2016).

Материал поступил в редакцию 10.03.2016.

Сведения об авторах

Фартуков Василий Александрович, кандидат технических наук, доцент; генеральный директор ЗАО «Бюро сервиса и эксплуатации»; 119330, г. Москва, ул. Мосфильмовская, д. 17 Б; тел.: +7-916-653-17-59; e-mail: vasfar@mail.ru.

Земляникова Марина Владимировна, кандидат технических наук, профессор кафедры «Гидрология, гидрогеология и регулирование стока»; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д.19; тел.: +7-910-404-84-21.

V. A. FARTUKOV

ZAO (Close Corporation) «Bureau of service and operation», Moscow

M. V. ZEMLYANNIKOVA

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

INNOVATION SYSTEM OF HYDRODYNAMIC INVESTIGATIONS OF WATER FLOW

The present work deals with the usage of innovation technologies for different regimes of water flow downstream of hydraulic structures. It is found that in case of water getting into the low pond in the field of jumping there is always an unsteady oscillation regime of the flow which forms waves with a character amplitude and length. The aim of the work is studying and calculation of parameters of the unsteady oscillation regime of the flow downstream of hydraulic structures. The results of decisions are oriented to the determination of parameters of the water flow for further comparison with the rated values obtained by the analytical method. There is given a concept of carrying out hydrodynamic investigations of the unsteady oscillation regime of the flow. The algorithm of fulfillment of investigations is developed. Selection of devices, modules, sensors and their concordance is fulfilled for their joint work for carrying out measuring. The program is developed for collection and processing of the data coming from the measuring equipment, adaptation of the standard software provision is fulfilled for introduction into a personal computer. There is applied an innovation method of determination of the water surface level oscillation and structure of the water flow.

Hydrodynamic investigations, oscillation regime, innovation technologies, low pond, parameters of water flow, measuring complex, intellectual analysis, experimental investigations.

References

1. Kovalenko V. V. Izmereniye i raschet

haracteristik neustanovivshihsysa rechnyh potokov. – L.: Gidrometeoizdat, 1984. – 160 s.

2. Kovalenko V. V. Nelinejnye aspekty chastichno infinitnogo modelirovaniya v evolyutsionnoj gidrometeorologii. – S.-Pb.: RGGMU, 2002. – 158 s.

3. Zemlyannikova M. F., Fartukov V. A. Obobshchennye nelinejnye uravneniya lokalnoj nestatsionarnosti // Ecologicheskaya ustojchivostj prirodnih system i rolj prirodoobustrojstva v ee obespechenii: sb. materialov konferentsii. – M.: MGUP, 2003. – S. 136–137.

4. Zemlyannikova M. F., Fartukov V. A. Kachestvennaya otsenka dinamicheskoy sistemy nelinejnyh kolebanij pryzhkovogo sopryazheniya bjefov // Rolj prirodoobustrojstva v obespechenii ustojchivogo funkcionirovaniya i razvitiya ecosystem: materialy mezhdun. konferentsii. /мРоль природообустройств в обеспечении устойчивого функционир– Ч. 1. – M.: MGUP, 2006. – S. 398–401.

5. Blackman R. B., Tukey J. The measurement of power spectral from the point of view of communication engineering. – New York: Dover, 1958.

6. Kovalenko V. V. Modelirovaniye

gidrologicheskikh protsessov. – S.-Pb.: Gidrometeoizdat, 1993. – 256 s.

7. Illarionov A. V. Informatsionno-izmeritelny complex dlya experimentalnyh issledovaniy quasiperiodicheskikh yavlenij v otkrytyh vodnyh potokah (Electronny resurs). – URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2003/164.pdf> (Data obrashcheniya 10.03.2016).

Received on 10.03.2016.

Information about the authors

Fartukov Vasilij Alexandrovich, candidate of technical sciences, associate professor; general director ZAO «Bureau of service and operation»; 119330, Moscow, ul. Mosfilmovskaya, d. 17 B; tel.: +7-916-653-17-59; e-mail: vasfar@mail.ru.

Zemlyannikova Marina Vladimirovna, candidate of technical sciences, professor of the chair «Hydrology, hydrogeology and runoff regulation»; FSBEI HERSAU – MAA named after C. A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, d.19; tel.: +7-910-404-84-21.

УДК 502/504:624.94.012.45

МИКЕРЕГО ЭММАНУЭЛЬ

Федеральное государственное автономное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский Университет Дружбы Народов», г. Москва

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КИРПИЧНЫХ СТЕН ИЗ МЕСТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗАПОЛНЕНИЯ НА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ РЕСПУБЛИКИ БУРУНДИ

Статья посвящена количественной оценке максимальных вертикальных и горизонтальных перемещений пространственного 9 этажного монолитного каркасного здания с кирпичными стенами из местных материалов в Республике Бурунди. На основе построенной пространственной численной модели типового монолитного каркасного здания количественно оцениваются максимальные вертикальные и горизонтальные перемещения здания с кирпичными стенами заполнения. Перемещения исследовались при действии вертикальных и ветровых нагрузок, а также при выходе из строя кирпичных стен нижнего этажа. При использованных расчетных прочностях кладки заполнения установлено, что в пространственной модели монолитного каркасного здания максимальные вертикальные перемещения будут в плитах перекрытия верхних этажей. Также установлено, что максимальные горизонтальные перемещения возникают в верхней точке исследованной пространственной модели монолитного каркасного здания с кирпичными стенами заполнения. Полученные результаты показывают, что значительное снижение вертикальных и горизонтальных перемещений монолитных каркасных зданий наблюдается в железобетонных элементах верхних этажей и вызвано включением стеновых заполнений в пространственную работу исследованного объекта.

Каркасные здания, местные материалы заполнения, вертикальные и горизонтальные перемещения, численная модель.

Введение. В республике Бурунди в качестве конструктивного решения многоэтажных каркасных зданий применяется каркасная система с кирпичными стенами заполнения. С 1990 годов в республике Бурунди такое конструктивное решение актуально при разработке проектов и возведении серийных монолитных каркасных зданий квартирного типа.

Заметим, что в республике Бурунди при расчетах каркасных зданий с кирпичными стенами не учитывается влияние самих заполнений на работу железобетонных элементов. Одна из причин этого заключается в том, что в республике Бурунди местные материалы заполнения каркасных зданий не исследованы с целью дальнейшего учета их влияния в каркасных зданиях. При этом, по проведенным экспериментальным и численным исследованиям влияния кирпичных стен в монолитных каркасных зданиях [1, 2] установлено, что кирпичные стены заполнения влияют на работу монолитных каркасных зданий.

Учитывая темпы возведения каркасных зданий с кирпичными стенами в республике Бурунди, и состояние сведений о влиянии заполнения в каркасных зданиях, вопрос оценки влияния местных материалов заполнения на вертикальные и горизонтальные перемещения монолитных каркасных зданий становится актуальным для Бурунди, как одного из этапов необходимых при проектировании монолитных каркасных зданий с кирпичными стенами заполнения.

Поэтому в данной статье проводится количественная оценка влияния местных материалов заполнения на вертикальные и горизонтальные перемещения пространственной модели исследуемого монолитного каркасного здания.

Объект исследования. Для проведения исследования построена пространственная численная модель 9 этажного каркасного здания. В основании здания располагается скальный грунт. Высота этажа равна 3,40 м. Плановые габаритные размеры исследуемого монолитного каркасного здания указаны на рисунке 1. 3D конечно-элементная расчетная модель (рис. 2) исследуемого здания без учета деформационных характеристик кирпичных стен заполнения состоит из 21326 узлов, 24368 элементов и 99760 неизвестных перемещений.

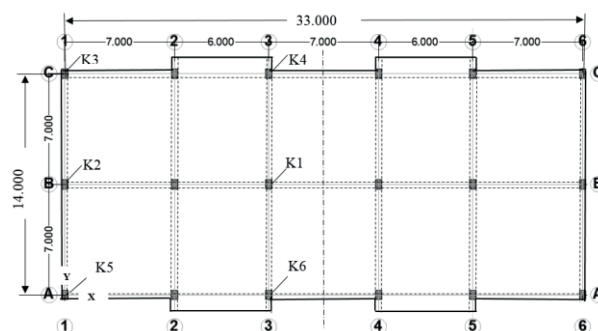


Рис. 1. План типового этажа, исследуемого монолитного каркасного здания с кирпичными стенами заполнения

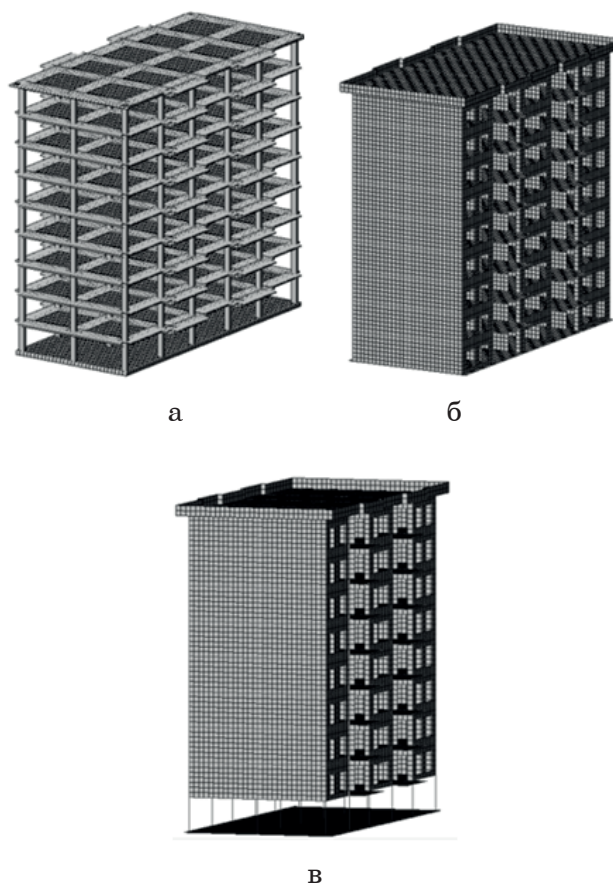


Рис. 2. 3D конечно-элементная расчетная модель: а) без учета деформационных характеристик кирпичных стен заполнения; б) с учетом деформационных характеристик кирпичных стен заполнения; в) с выходом из строя стен нижнего этажа.

3D конечно-элементная расчетная модель исследуемого объекта в которой учитываются деформационные характеристики кирпичных стен заполнения состоит из 37024 узлов, 43370 элементов и 166830 неизвестных перемещений.

3D конечно-элементная расчетная

модель с предположением выхода из строя кирпичных стен нижнего этажа состоит из 35436 узлов, 41416 элементов и 160272 неизвестных перемещений.

Несущие железобетонные элементы выполнены из бетона В25. Проверкой несущей способности колонн и обеспечением общей устойчивости формы исследуемого здания назначено сечение (380х600 мм) для колонн. Ширина колонны равна толщине кирпичной стены заполнения. Также по архитектурным соображениям ширина ригеля назначена равной толщине стены заполнения. Толщина перекрытий назначена равной 18 см.

Железобетонные колонны и ригели моделировались пространственными стержневыми конечными элементами. Плиты перекрытий и кирпичные стены заполнения моделировались плоскими оболочечными конечными элементами и конечными элементами типа «балка-стенка».

Вводимые в численную модель деформационные характеристики железобетонных элементов снижены согласно рекомендациям [2].

Применяемые в расчетах модули упругости кладки кирпичных стен E приняты равными половине значений $E_{\text{эксп}}$, найденных экспериментально-теоретическими исследованиями деформационных характеристик кирпичных стен из местных материалов каркасных зданий в республике Бурунди, по выражению:

$$E = 0,5 E_{\text{эксп}}.$$

Методика проведения исследований. Вертикальные и горизонтальные перемещения определялись при нормативных нагрузках. Допускаемые вертикальные перемещения Z_{adm}^G пространственной модели монолитного каркасного здания определялись по формуле $Z_{\text{adm}}^G = L/250$, а горизонтальные перемещения Y_{adm}^G определялись по формуле $Y_{\text{adm}}^G = H/300$. В формулах перемещений L и H представляют собой соответственно наибольшую длину пролета плиты перекрытия и высоту исследуемого здания.

При исследовании варьировались расчетные модули упругости $E_{\text{кладка}}$ кладки стены заполнения и принимались соответственно равными: $E_1 = 1000$ МПа; $E_2 = 2000$ МПа и $E_3 = 3000$ МПа.

Модули упругости кирпичных кладок заполнения были определены

экспериментально-теоретическим путем при исследовании деформационных характеристик кирпичных стен из местных материалов заполнения монолитных каркасных зданий республики Бурунди, по формуле:

$$E_{\text{кладка}} = K_E f_{\text{ки}},$$

где K_E – коэффициент, подобный упругой характеристике кирпичной кладки, принимаемый в расчетах равным 1000 [3]; $f_{\text{ки}}$ – прочность кирпичной кладки заполнения, определенная экспериментально-теоретическим путем.

Вертикальные Z^G и горизонтальные перемещения Y^G были определены для трех рассмотренных вариантов пространственной модели исследуемого здания:

первый вариант – вариант без учета ветровой нагрузки (1-БВН);

второй вариант – вариант с учетом ветровой нагрузки (2-СВН), с ветровой скоростью наблюдаемой в республике Бурунди (25 м/с);

третий вариант – вариант с предположением выхода из строя стен нижнего этажа (3-ВСС) при действии постоянных и эксплуатационных вертикальных нагрузок.

Диаграммы, отражающие результаты исследования, представлены как диаграммы, описывающие зависимости перемещений от исходной принятой расчетной прочности кладки стен заполнения f_a .

Результаты исследований. Проведенные исследования показали, что для разработанной пространственной модели, в которой не учитываются прочностные характеристики кирпичных стен заполнения, максимальное допускаемое вертикальное перемещение не должно превышать 28 мм.

Полученные результаты показали, что вертикальные деформации не превышают допускаемой величины. Присутствие кирпичных стен заполнения в монолитных каркасных зданиях приводит к существенному снижению (до 9 раз) вертикальных перемещений (рис. 4). Проведенные численные исследования показали, что для рассмотренной пространственной модели монолитного каркасного здания, значение максимального горизонтального перемещения (30 мм) верхней точки меньше теоретической допускаемой величины горизонтального перемещения (102 мм). Для исследованной модели горизонтальное перемещение верхней точки в 3,43 раз меньше допускаемого значения. Также, кирпичные стены заполнения в монолитных каркасных зданиях значительно снижают горизонтальные перемещения (рис. 5).

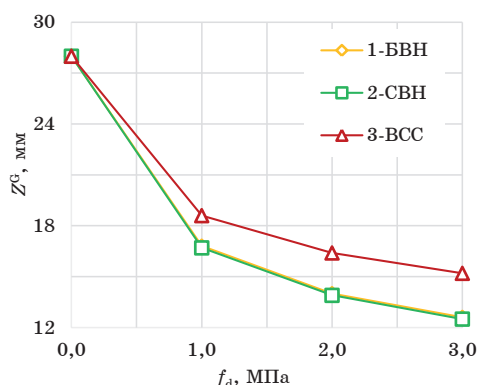


Рис. 4. Зависимость максимальных вертикальных перемещений от расчетной прочности кладки заполнения

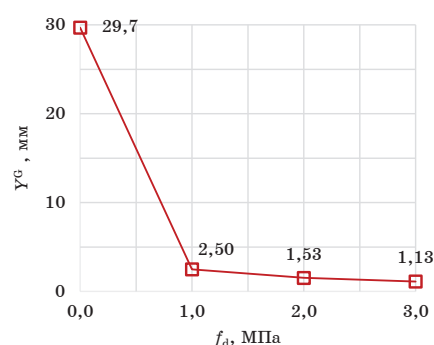


Рис. 5. Зависимость максимальных горизонтальных перемещений от расчетной прочности кладки заполнения с учетом ветровой нагрузки

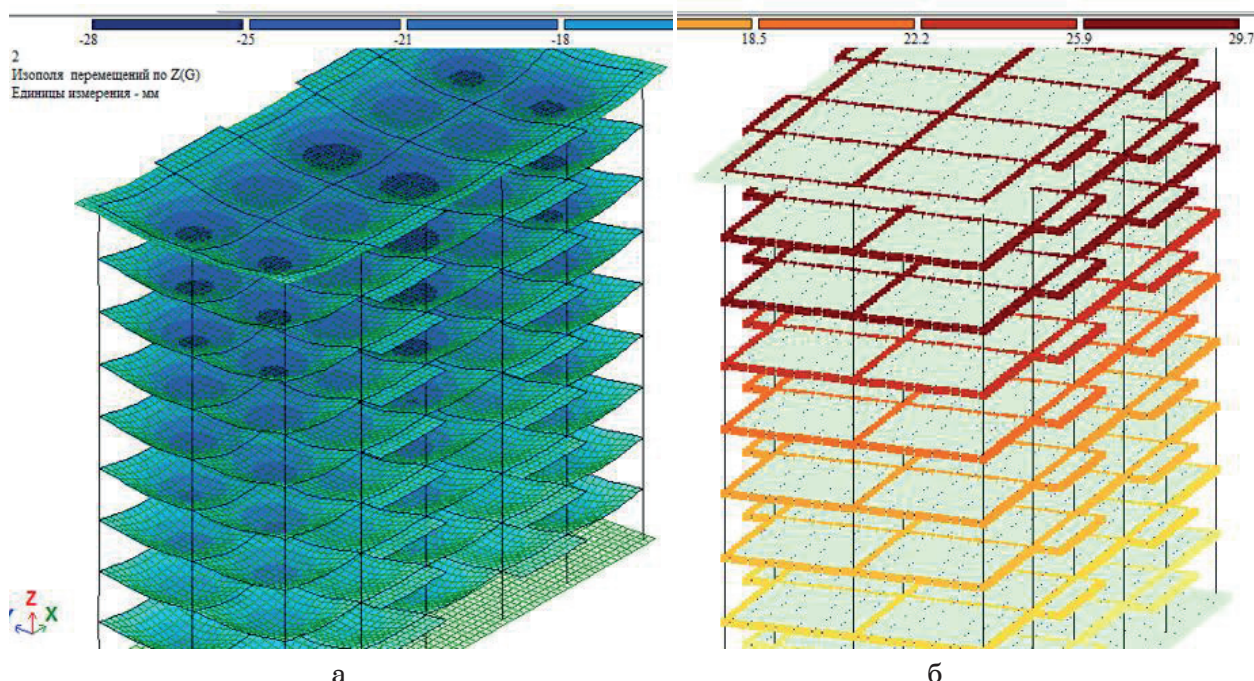


Рис. 3. Изополюса перемещений 3D конечно-элементной модели монолитного железобетонного каркаса: а) вертикальные перемещения в плитах перекрытий; б) горизонтальные перемещения.

Выводы

По проделанной работе можно сформулировать следующие основные выводы:

кирпичные стены заполнения влияют на вертикальные и горизонтальные перемещения монолитных каркасных зданий независимо от величины горизонтальных воздействий;

кирпичные стены заполнения существенно снижают (до 9 раз) вертикальные перемещения. Максимальное снижение вертикальных перемещений наблюдается в плитах перекрытий верхних этажей и минимальное в плитах перекрытий нижних этажей;

выход из строя стен нижнего этажа

приводит к дополнительному увеличению на 17,7 % возникающих вертикальных перемещений, по сравнению с результатами рассмотренных вариантов (1-БВН и 2-СВН);

для рассмотренного монолитного каркасного здания установлено, что кирпичные стены заполнения значительно снижают (до 26 раз) горизонтальные перемещения.

Библиографический список

1. Васильев М. В. Численное моделирование каркасно-каменных панелей // Строительство и техногенная безопасность: сб. научн. трудов. – Симферополь: – 2010. – Выпуск 33–34. – С. 57–64.
2. СП 52-103-2007. Железобетонные

монолитные конструкции зданий. – М.: ФГУП ЦПП, 2007. – 22 с.

3. EN 1996 Eurocode 6: Design of masonry structures (Электронный ресурс). – URL: http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/doc/WS2009/2_6_Pluijm.pdf (Дата обращения 18.06.2016).

4. Kashif M., Rashadul I., Amin A. Study the reinforced concrete frame with brick masonry infill due to lateral loads // International Journal of Civil and Environmental Engineering (IJCEE-IJENS).

– 2010. – Vol.10, – № 4. – P. 35–40.

Материал поступил в редакцию 14.04.2016.

Сведения об авторе

Микерего Эммануэль (Бурунди),

аспирант кафедры строительных конструкций и сооружений; ФГАБОУ ВО РУДН; 115419, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3; тел: +7-968-981-22-07; e-mail: mikeregoemmanuel@hotmail.com.

MIKEREGO EMMANUEL

The Federal state autonomous budget educational institution of higher education «The Russian University of Peoples' Friendship», Moscow

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF BRICK WALLS OF LOCAL FILLING MATERIALS ON MOVEMENTS OF MONOLITHIC FRAMED BUILDINGS OF THE REPUBLIC OF BURUNDI

The article deals with the quantitative assessment of maximal vertical and horizontal movements of a spatial 9th floor monolithic framed building with brick walls of local materials in the Republic of Burundi. On the basis of the built spatial numerical model of a standard monolithic framed building there are quantitatively assessed maximal vertical and horizontal movements of the building with brick fill walls. Movements were investigated under the action of vertical and horizontal loads as well as failures of brick walls of the ground floor. When using rated strengths of fill laying it was found that in the spatial model of a monolithic framed building maximal vertical movements will be in the bridge plates of upper floors. It was also established that maximal horizontal movements occur in the upper point of the investigated spatial model of the monolithic framed building with brick fill walls. The obtained results show that a significant decrease of vertical and horizontal movements of monolithic framed buildings is observed in reinforced concrete elements of upper floors and is caused by inclusion of wall fills in the spatial work of the investigated object.

Framed buildings, filling local materials, vertical and horizontal movements, numerical model, numerical model.

References

1. Vasiljev M. V. Chislennoyemodirovanie karkasno-kamennyh panelej // Stroiteljstvo i tehnogennaya bezopasnostj: sb. nauch. trudov. – Simferopol: – 2010. – Vypusk 33–34. – S. 57–64.

2. СП 52-103-2007. Zhelezobetonnye monolitnye constructsii zdaniy. – М.: FGUP TSPP, 2007. – 22 s.

3. EN 1996 Eurocode 6: Design of masonry structures (Electronny resurs). – URL: http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/doc/WS2009/2_6_Pluijm.pdf (Data obrashchenia 18.06.2016).

4. Kashif M., Rashadul I., Amin A.

Study the reinforced concrete frame with brick masonry infill due to lateral loads // International Journal of Civil and Environmental Engineering (IJCEE-IJENS). – 2010. – Vol.10, – № 4. – P. 35–40.

Received on 14.04.2016.

Information about the author

Mikerego Emmanuel (Burundi), post graduate student of the chair of building structures and constructions; FSABEI HE RUPF; 115419, Moscow, ul. Ordzonikidze, d. 3; tel: +7-968-981-22-07; e-mail: mikeregoemmanuel@hotmail.com.

УДК 502/504:631.6.02

С. А. ВАСИЛЬЕВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПЕНСАЦИОННЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДНОГО ПОТОКА НА СКЛОНОВОМ АГРОЛАНДШАФТЕ

В статье рассматривается методика проектирования компенсационных мелиоративных мероприятий на склоновом агроландшафте на основе гидродинамической характеристики движения водного потока на склоне. Учитывая, что противоэрозионная организация территории хозяйства должна предусматривать создание условий для прекращения или предотвращения эрозионных процессов, рационального использования земель и размещения севооборотов на склонах, графоаналитическим способом строится номограмма для определения эпюры скоростей на проектируемом склоне водосбора. С правой стороны номограммы представлен график с гидродинамическими характеристиками водного потока движущегося на подстилающей поверхности разных агрофонов, расположенных на пути водного потока. Для определения границы отсутствия эрозионного процесса на номограмме откладывается критическая скорость водного потока, определяемая экспериментально в полевых условиях разработанными при участии автора приборами. При выявлении эрозионного процесса в виде пояса эрозии предлагается ряд компенсационных мелиоративных мероприятий на склоновом агроландшафте: агромелиоративные или гидромелиоративные противоэрозионные операции. Для построения гидродинамических характеристик использовались данные Н. Н. Бобровицкой по агротехническим и компенсационным мелиоративным мероприятиям. Установлено, что для компенсационных мелиоративных мероприятий и инженерно-мелиоративных систем планируемых на склоновых агроландшафтах возникают следующие скорости водного потока: для фитомелиоративных мероприятий от 0,022 до 1,5 м/с даже при существенных уклонах, для агротехнических мелиоративных мероприятий от 0,138 м/с при уклоне 0,08, а для традиционной обработки почвы скорости превышают критические и доходя до 0,8 м/с. При помощи номограммы для определения эпюры скоростей на проектируемом склоне водосбора легко определить, при какой скорости может протекать водный поток на отдельных участках водосборной площади. Путем подбора мелиоративных мероприятий можно скомпенсировать скоростной режим движения водного потока на отдельных участках, а следовательно уменьшить интенсивность эрозионных процессов и сохранить плодородие почвы на склоновом агроландшафте.

Hydrodynamic characteristics, water flow, sloping agro landscape, land reclamation activities, velocity diagram.

Введение. Решение вопросов организации территории на склоновых землях путем рационального размещения природных и инженерно-мелиоративных объектов в соответствии со структурой и особенностями хозяйственного использования

агроландшафтов носит принципиальный характер [1].

Действующая система противоэрозионной организации территории включает прогнозирование, планирование и проектирование использования склоновых земель,

устанавливает организационно-хозяйственные расчеты по осуществлению компенсационных мелиоративных мероприятий [2].

В сложившейся землеустроительной практике из предпроектных документов наибольшее распространение получили генеральные схемы противоэрозионных мероприятий – система фитомелиоративных, агротехнических, гидротехнических и организационно-хозяйственных мероприятий, разработанная с учетом конкретных местных условий, направленная на уменьшение или полное прекращение процессов эрозии и повышение эффективного плодородия эродированных почв [3].

В тоже время противоэрозионная организация территории хозяйства должна предусматривать создание условий для прекращения или предотвращения эрозионных процессов, рационального использования земель и размещения севооборотов на склонах, эффективное использование средств механизации на полях конечных размеров (кратность ширине захвата сельскохозяйственных машин, максимальная длина гона, выполнение различных технологических операций сельскохозяйственных машин при движении поперек склона) и оптимальную трансформацию эрозионно-опасных земель под лесотехническими и гидротехническими сооружениями [4, 5].

Материал и методы. Предлагается, используя гидродинамическую характеристику движения водного потока на склоне [6, 7], разработать методику проектирования компенсационных мелиоративных мероприятий на склоновом агроландшафте.

Для построения гидродинамической характеристики водного потока движущегося по подстилающей поверхности склонового агроландшафта используя подходы, предложенные в работах [6, 7], представим уравнение движения временного водного потока:

$$i = \frac{(1 + \phi)}{2qg} \lambda_{\text{гп}} v^3 + \frac{1}{\psi} v^2 + \frac{v^3}{2\delta^2 qg} + \frac{\gamma}{2qg} v^3 + \frac{j}{g}, \quad (1)$$

где ϕ – коэффициент гидравлической шероховатости; $\lambda_{\text{гп}}$ – коэффициент сопротивления гладкой поверхности v – скорость движения элементарного объема водного потока, м/с; $q = Q/B$ – единичный расход водного потока, м³/с; Q – расход водного потока, м³/с; B – ширина водного потока, м; g – ускорение свободного падения, м/с²; ψ – потенциал эрозионной стойкости, Дж/кг; γ – коэффициент гидродинамического сопротивления волнистости поверхность или дискретного препятствия; j – ускорение водного потока, м/с².

Для определения смыва почвы с подстилающей поверхности водным

потоком, используя выражение (1), получено уравнение [7]:

$$R_s = \left(1 - \frac{i_{\psi} + i_c}{i}\right) \rho_v Q, \quad (2)$$

где ρ_v – плотность воды, кг/м³; Q – расход движущейся жидкости, м³/с.

Противоэрозионная организация территории хозяйства предусматривает создание различных условий, в том числе прекращение или предотвращения эрозионных процессов и рациональное использования земель и размещения севооборотов на склонах, то в этом случае необходимо рассмотреть по [4, 5]:

$$Q_i = \sum_{i=1}^T \sum_{z=1}^r \sum_{j=1}^n P_z q_{\partial j z i} \rightarrow \min, \quad (3)$$

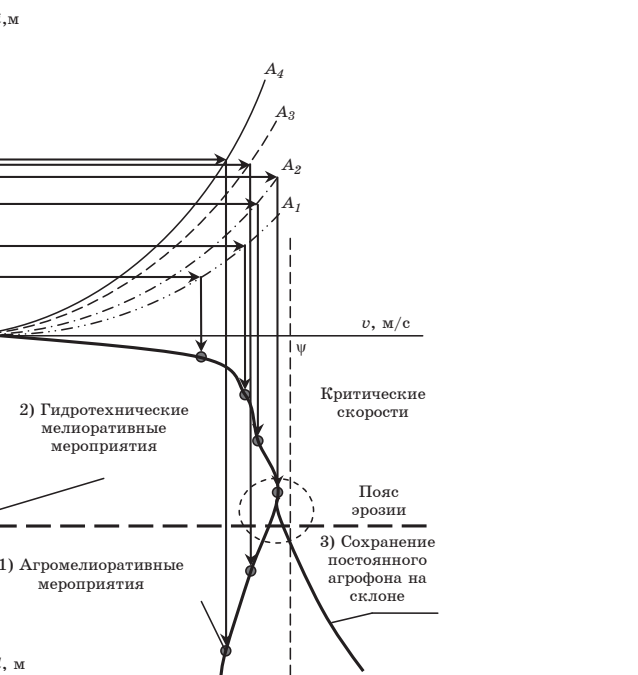
где Q_i – смыв почвы со всей стокоформирующей поверхности за $i = 1, T$ лет ротации севооборота; $z = 1, r$ – число полей севооборота и трансформированных участков; P_z – площадь z -го поля севооборота или трансформированного участка.

Установим по выражениям (1), (2) и (3), что к регулируемым параметрам по подбору почвозащитных технологий следует отнести коэффициент гидравлической шероховатости ϕ , потенциал эрозионной стойкости ψ , коэффициент изборозденности k , интенсивность стока $I_{\text{ст}}(t)$, а к нерегулируемым – уклон, длину склона и интенсивность осадков $I_{\text{ос}}(t)$. В тоже время основным параметром, представленным в выражении (1), определяющим эрозионный процесс, является скорость водного потока, включенная в интенсивность стока $I_{\text{ст}}(t)$. Скорость склонового стока задает силовое воздействие на почвенные агрегаты и отдельности почвы при их размыве, а также влияет на транспортирующую способность водного потока. Для расчета и прогнозирования критической скорости, при которой начинается эрозионный процесс почвы, применяется целый ряд методов [8, 9].

Для реализации разработанного уравнения движения временного водного потока (1), автором разработан целый ряд приборов для определения в полевых условиях среднего уклона, коэффициента гидравлической шероховатости и коэффициента изборозденности дневной поверхности почвы, потенциала эрозионной стойкости почвы, количества растительных остатков на подстилающей поверхности [10].

Автор данной статьи рассмотрел движение водного потока по подстилающей поверхности водосбора по рисунку 1. Как правило, траекторию движение водного

ления эпюры скоростей на проектируемом склоне водосбора, полученная на основе гидродинамической характеристики водного потока и представленная на рисунке 2. На рисунке 2 приняты те же агротехнические мероприятия, что и рассматриваемые по рисунку 1. С правой стороны номограммы представлен график с четырьмя гидродинамическими характеристиками водного потока движущегося по подстилающей поверхности разных агрофонов, расположенных на пути водного потока. Слева располагается график изменения уклона рассматриваемых участков по траектории движения водного потока. Ниже справа имеется возможность получения эпюры скоростей водного потока по всей траектории движения на рассматриваемых участках. Для определения границы отсутствия эрозионного процесса на номограмме берется критическая скорость водного потока, определяемая экспериментально в полевых условиях разработанными при участии автора приборами [10]. Из рисунка видно, что при выявлении эрозионного процесса в виде пояса эрозии необходим ряд компенсационных мелиоративных мероприятий на склоновом агроландшафте: агромелиоративные по кривой (1) или гидромелиоративные по кривой (2) противоэрозионные операции, иначе, при сохранении агрофона на склоне – необратима эрозия почвы при скоростях по кривой (3).



ы скоростей на проектируемом выпуклом

3' 2016

С помощью гидродинамической характеристики водного потока также можно решать другие принципиальные задачи: анализ возможности движения водного потока на тех или иных подстилающих поверхностях, определение и анализ параметров потока при ускорении, торможении или при равномерном его движении и другие. Этот круг задач возможно выполнить, если известны зависимости составляющих баланса уклонов с параметрами потока и подстилающей поверхностью [10].

Результаты и обсуждение.

При помощи номограммы для определения эпюры скоростей на проектируемом склоне водосбора легко определить, при какой скорости может протекать водный поток на отдельных участках водосборной площади.

Для построения гидродинамической характеристики водного потока, протекающего на различных агрофонах, приведены данные исследований Н. Н. Бобровицкой в таблице, в которых исследовался процесс движения склонового стока на водосборной площади [11].

Результаты полевых исследований для талой воды, представленных Бобровицкой Н. Н. [11]

Участок измерений	Экспозиция	Уклон	Скорость ручья, см/с	Глубина ручья, см	Агрофон
1	ю	0,027	6,08	0,85	Зяблевая вспашка с боронованием
2	ю	0,05	50	3	
3	ю	0,075	81,3	5,1	
4	ю-з	0,183	5	1,3	Многолетняя трава экспарцет
5	в	0,115	2,2	0,03	
6	ю-в	0,08	13,8	1	Посевы озимых

По известным данным, используя уравнение движения временного водного потока (1), построены гидродинамические характеристики водного потока для различных агрофонов по данным Н. Н. Бобровицкой – зяблевая вспашка с боронованием, многолетняя трава экспарцет, посевы озимых (рисунок 3).

Установлено, что для компенсационных мелиоративных мероприятий и инженерно-мелиоративных систем планируемых на склоновых агроландшафтах возникают следующие скорости водного потока: для фитомелиоративных мероприятий – 0,022...1,5 м/с даже при существенных уклонах, для агротехнических мелиоративных мероприятий – от 0,138 м/с при уклоне 0,08, а для традиционной обработки почвы скорости превышают критические, доходя до 0,8 м/с.

При условии если регулируемые параметры для полей севооборотов окажутся достаточно малыми и агротехнические приемы не позволят выполнять условие (3), тогда целесообразно перейти к планированию противоэрозийных лесотехнических или более сложных гидротехнических сооружений.

Выводы

На основании номограммы для определения эпюры скоростей на проектируемом склоне водосбора можно определить, насколько удовлетворительно подобраны компенсационные мелиоратив-

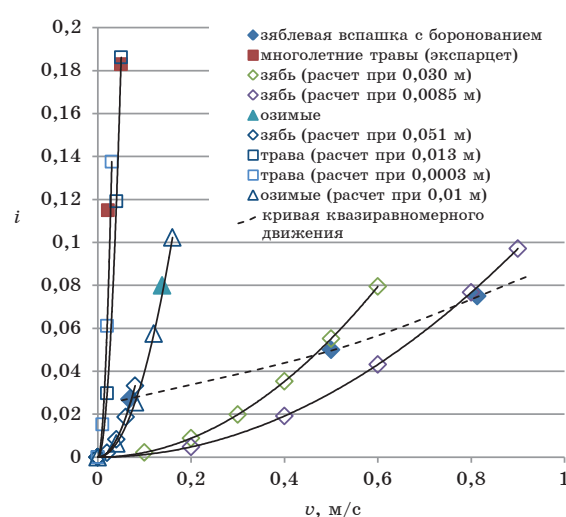


Рис. 3. Гидродинамические характеристики водного потока, движущегося по различным агрофонам на водосборе, построенные по исследованиям Н. Н. Бобровицкой [11]

ные мероприятия для рассматриваемого склонового агроландшафта.

По известным данным Н. Н. Бобровицкой, используя уравнение движения временного водного потока, построены гидродинамические характеристики водного потока для различных агрофонов, включая компенсационные мелиоративные мероприятия. Установлено, что для компенсационных мелиоративных мероприятий и инженерно-мелиоративных систем планируемых на склоновых агроландшафтах, возникают следующие скорости водного потока: при фитомели-

оративных мероприятиях от 0,022 до 1,5 м/с даже при существенных уклонах, при агротехнических мероприятиях от 0,138 м/с при уклоне 0,08, а при традиционной обработке почвы скорости превышают критические доходя до 0,8 м/с.

Пользуясь этими графиками, можно путем подбора мелиоративных мероприятий скомпенсировать скоростной режим движения водного потока на отдельных участках, а следовательно уменьшить интенсивность эрозионных процессов и сохранить плодородие почвы на склоновом агроландшафте.

Библиографический список

1. Заславский М. Н. Эрозиоведение. Основы противоэрозионного земледелия: учеб. для геогр. и почв. спец. вузов. – М.: Высш.шк., 1987. – 376 с.
2. Швебс Г. И. Теоретические основы эрозиоведения. – Киев, Одесса: Вища школа, 1981. – 219 с.
3. Стандарт Генеральной схемы землеустройства территории Российской Федерации (Электронный ресурс). – URL: <http://npzem.ru/wordpress/wpcontent/uploads/2013/09/standartgencxema.pdf> (Дата обращения 31.05.2016).
4. Максимов В. И. Прогноз овражной эрозии, методика проектирования противо-овражных технологий и технических средств: дисс. ... канд. техн. наук. – Чебоксары, 2004. – 221 с.
5. Васильев С. А., Максимов И. И., Максимов В. И. Гидравлическая шероховатость склоновых агроландшафтов. – Чебоксары: «Новое Время», 2014. – 210 с.
6. Васильев С. А. Энергетический подход для построения гидродинамической характеристики водного потока на склоновом агроландшафте // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 4 – С. 194–200.
7. Васильев С. А. Математическая модель для прогноза эрозионных процессов на склоновых агроландшафтах // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 9. – С. 96–100.
8. Мирцхулава Ц. Е. Основы физики и механики эрозии русел. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 303 с.
9. Волновое движение склонового стока и интенсивность эрозии почвогрунтов / О. Г. Натишвили, Т. Ф. Урушадзе, Г. В. Гавардашвили. – М.: ООО Издательство «Научтехлитиздат», 2014. – 161 с.
10. Результаты экспериментальных исследований гидрофизических и эрозионных свойств почв на территории СХПК «Труд» Батыревского района Чувашской Республики / С. А. Васильев, И. И. Максимов, Е. П. Алексеев [и др.] // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – Вып. 4(80), Ч.2. – С. 39–45.
11. Способ определения стока воды со склонов: а.с. 1565359 SU: МПКА 01 В 13/16 / Н. Н. Бобровицкая; заявитель и патенто-обладатель Государственный гидрологический институт. – Заявл. 25.12.1987; опубл. 23.05.1990. – Вып. № 19. – 3 с.

Материал поступил в редакцию 25.04.2016.

Сведения об авторе

Васильев Сергей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортно-технологических машин и комплексов»; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары; 428003 Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, д. 29.; тел: 8-927-843-22-90; e-mail: vsa_21@mail.ru.

S. A. VASILJEV

The Federal state budget educational institution of higher education
«The Chuvash state agricultural academy», Cheboksary

METHOD OF DESIGNING COMPENSATION LAND RECLAMATION MEASURES USING HYDRODYNAMIC CHARACTERISTICS OF WATER FLOW ON THE SLOPING AGRO LANDSCAPE

The article considers the method of designing compensation reclamation measures on the slope landscape on the basis of hydrodynamic characteristics of the water flow movement of the slope. Taking into consideration that the anti-erosion organization of the farm territory should provide creation of the conditions for termination or prevention of erosion processes, land use management and placement of crop rotation on the slopes, a nomogram is built by a graphical-analytical method for determining the velocity diagram on the projected slope

of the watershed. On the right side of the nomogram there is a graph with hydrodynamic characteristics of the water flow moving on the underlying surface of different soil fertility located on the way of the water flow. To determine the boundaries of the absence of the erosion process there is laid a critical velocity of the water flow on the nomogram, which is determined experimentally in the field conditions developed with the participation of the author's devices. At revealing an erosion process in a form of the erosion zone a number of compensation reclamation measures on sloping land agro landscape are proposed: land reclamation or hydro reclamation erosion-preventive operations. For building hydrodynamic characteristics there are used the data of N.N. Bobrovitskaya on agro-technical and compensation reclamation measures. It was established that for compensation land reclamation activities and engineering-reclamation systems which are planned for sloping agricultural landscapes there occur the following velocities of the water flow: for phyto reclamation measures from 0.022 to 1.5 m/s even with significant slopes, for agro ameliorative measures from 0.138 m/s at a slope of 0.08, and for a traditional soil tillage speeds exceed critical ones and reach 0.8 m/s. By means of the nomogram for determining the velocity diagram on the projected watershed slope it is easy to determine with what velocity the water flow can flow in some parts of the catchment area. By choosing reclamation measures it is possible to compensate a high-speed regime of the water flow movement in some parts, and thus reduce the intensity of erosion processes and preserve soil fertility on the sloping agricultural land.

Hydrodynamic characteristics, water flow, sloping agro landscape, land reclamation activities, velocity diagram.

References

1. Zaslavsky M. N. Erozievedenie. Osnivy protivooerozionnogo zemledeliy: ucheb. Dlya geogr. i pochv. spets. vuzov. – M.: Vyssh. shk., 1987. – 376 s.
2. Shvebs G. I. Teoreticheskie osnovy erozievedeniya. – Kiev, Odessa: Vishcha shkola, 1981. – 219 s.
3. Standart General'noj skhemy zemleustrojstva territorii ossijskij Federatsii (Elektronny resurs). – URL: <http://npzem.ru/wordpress/wpcontent/uploads/2013/09/standartgencxema.pdf> (Data obrashcheniya 31.05.2016).
4. Maximov V. I. Prognoz ovrazhnoj erozii, metodika proektirovaniya protivooovrazhnyh tehnologij i tehicheskikh sredstv: diss....cand. tehn. nauk. – Cheboksary, 2004. – 221 s.
5. Vasiljev S. A., Maximov I. I., Maximov V. I. Gidravlicheskaya sherohovatost'ji selonovyh agrolandshaftov. – Cheboksary, «Novoye Vremya», 2014. – 210 s.
6. Vasiljev S. A. Energetichesky podhod dlya postroeniya gidrodinamicheskoy harakteristiki vodnogo potoka na sklonovom agrolandshafte // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noye obrazovaniye. – 2015. – № 4 – S. 194–200.
7. Vasiljev S. A. Matematicheskaya model' dlya prognoza erozionnyh protsessov na sklonovyh agrolandshaftah // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2015. – № 9. – S. 96–100.
8. Mirtshulava Ts. E. Osnovy fiziki i

mekhaniki erozii rusel. – L.: Gidrometeoizdat, 1988. – 303 s.

9. Volnovoye dvizheniye sklonovogo stoka I intensivnost' ereozii pochvogruntov / O. G. Natishvili, T. F. Urushadze, G. V. Gavardashvili. – M.: OOO Izdatel'stvo «Nauchtehlitizdat», 2014. – 161 s.

10. Rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy gidrofizicheskikh I erozionnykh svoystv na territorii SHPK «Trud» Batyrevskogo rajona Chuvashskoj Respubliki / S. A. Vasiljev, Vasil'ev, I. I. Maximov, E. P. Alexeev [I dr.] // Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta imeni I. Ya. Yakovleva. – 2013. – Vyp. 4(80), Ch.2. – S. 39–45.

11. Sposob opredeleniya stoka vody so sklonov: a. s. a.c. 1565359 SU: MPKA 01 V 13/16 / N. N. Bobrovitskaya; zayavitelj I patentoobladatel' Gosudarstvennyj gidrologicheskij institute. – Zayavl. 25.12.1987; opubl. 23.05.1990. – Vyp. № 19. – 3 s.

Received on 25.04.2016.

Information about the author

Vasiljev Sergej Anatol'evich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Transportation-technological machinery and complexes»; The Federal state budget educational institution of higher education «The Chuvash state agricultural academy»; 428003 The Chuvash Republic, Cheboksary, ul. K. Marxa, d. 29.; tel: 8-927-843-22-90; e-mail: vsa_21@mail.ru.

УДК 502/504:631.1

Ю. П. ДОБРАЧЕВ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова», г. Москва

А. Л. СОКОЛОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

МОДЕЛИ РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ И ЗАДАЧА ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ

Статья посвящена вопросам использования моделей формирования урожая в управлении сельскохозяйственным производством. Авторы подчеркивают, что использование модельного подхода особенно эффективно, если его сочетать с применением в технологий точного земледелия. В статье дается краткий обзор моделей продукционного процесса, разработанных за последние 40 лет. Разработана классификация моделей агроценозов, отражающая современное состояние вопроса. По своему назначению модели могут быть разделены на два основных класса: предназначенные для теоретических исследований и для решения практических задач. Модели для исследовательских целей служат для накопления и интеграции знаний, выполнения исследований и проверки гипотез, обучения студентов, междисциплинарных обменов информацией. Модели для практических целей позволяют решать широкий спектр технологических, экономических и экологических задач. По своему содержанию и формальному описанию модели можно подразделить на эвристические (статические) и причинно-следственные (динамические). В основу эвристических моделей закладываются различные подходы и концепции: черный ящик, обратная связь и передаточные функции, нахождение и описание статистических закономерностей в наблюдаемых или экспериментальных данных и другие методы, позволяющие связать отклик или реакцию моделируемого объекта на внешнее воздействие. По степени визуализации процессов модели можно подразделить численные (2D), структурные (3D) и структурно-функциональные модели. Авторы приходят к выводу, что методология имитационного моделирования растительных объектов заслуживает более широкого применения и развития в исследованиях экологических и агробиологических систем. Использование моделей роста и развития растений в управлении сельскохозяйственным производством в сфере экономики и технологии является одним из действенных средств повышения урожайности и рационального использования природных ресурсов.

Модель роста и развития растений, агроценоз, урожайность сельскохозяйственных культур, точное земледелие, классификация.

Введение. Обеспечение продовольственной безопасности является ключевой задачей, стоящей перед обществом. Хотя за последние несколько десятилетий, урожайность ряда культур в мире значительно выросла, уровень урожайности в РФ отстает от мировых показателей. Есть ряд факторов, несущих угрозы продовольственной безопасности России, например, глобальное изменение климата, в частности, повышенные частоты возникновения экстремальных погодных явлений, таких как наводнения, засухи и др. Повышение урожайности остается одной из наиболее актуальных задач, стоящих перед отечественной сельскохозяйственной наукой.

Среди традиционных способов

решения данной проблемы наиболее перспективными по-прежнему являются селекция растений и, получающая все большее распространение за рубежом, генная инженерия высокопродуктивных и устойчивых сортов сельскохозяйственных культур. В настоящее время в сельскохозяйственной практике России высокая продуктивность посевов достигается за счет использования гибридного посевного материала и сортовой агротехники с высоким насыщением технологическими операциями, такими как: подкормки, обработка посевов химическими средствами защиты культурных растений от болезней, вредителей и сорняков на фоне высоких доз удобрений, современных

систем орошения и дренажа. Очевидно, что даже при высокой урожайности посевов необходимая экономическая эффективность таких технологий достигается только в случае высоких закупочных цен на продукцию. При этом затраты на производство единицы продукции сопоставимы с тепличными технологиями, поэтому наблюдающийся прогресс характерен только для отдельных овощеводческих и садоводческих предприятий.

Еще одним из наиболее мощных факторов современного растениеводства является информационное сопровождение производственных процессов, обеспечивающее адаптацию номинальных параметров агротехнологий к реальным почвенно-климатическим характеристикам агроландшафта, дифференцированное назначение тех или иных технологических мероприятий и операций, сроков их выполнения в зависимости от текущего состояния почв, посевов и погоды или наличия ресурсов, а также прогнозирование урожайности и производственных рисков [1].

Материал и методы. Бурное развитие цифровой техники, средств связи и дистанционного зондирования земной поверхности открыло новые возможности для использования в сельскохозяйственной практике динамических моделей агроценозов, позволяющих управлять процессом формирования урожая, учитывая при этом конкретные почвенные и погодные условия. Возможность осуществлять оптимальное управление динамическим процессом роста и развития растений на основе текущей агро- и метеоинформации, регулируя минеральное питание, режим орошения и другие факторы жизни растений, позволяет получать гарантированную продуктивность посевов при минимальных ресурсных затратах. Так, согласно нашим исследованиям, по изучению влияния орошения при дождевании на урожайность ряда зерновых культур, при оперативном управления водным режимом посевов можно добиться повышения продуктивности на 5...30 % по сравнению с традиционным подходом назначения поливов [2]. При использовании более совершенных способов полива, например, капельного, комбинированного или внутрпочвенного орошения, наблюдающийся значительно больший прирост продуктивности связан с эффектом синергизма, обеспеченным техническими

возможностями реализации строго дозированного и своевременного управляющего воздействия на посев [2]. Регулирование минерального питания посевов и других факторов жизнедеятельности растений оказывает тем более выраженное влияние на продуктивность, чем сложнее почвенно-климатические условия выращивания.

Известно, что эффекты от управления отдельными факторами не просто складываются, а усиливают друг друга, в результате чего совокупный эффект может значительно превосходить их сумму. Это подтверждает практика точного (координатного) земледелия, при которой осуществляется комплексное регулирование разнообразных факторов на каждом однородном по характеристикам плодородия участкам поля. Так по результатам применения данной технологии одним из фермеров ФРГ повышение урожайности достигало 30 % при одновременном снижении затрат на минеральные удобрения на 30 % и на ингибиторы на 50 % [3].

В технологиях точного земледелия использование моделей формирования урожая в управлении процессом выращивания сельскохозяйственной продукции имеет значительный потенциал [4]. Многие современные модели сельскохозяйственных культур, агроценозов и агроэкосистем, способные отображать взаимодействие растений с окружающей средой, были разработаны специально для этой технологии.

Основу точного земледелия составляют информационные и технические средства мониторинга и управления производством растениеводческой продукции, которое осуществляется путем пространственно распределенного регулирования таких агротехнических факторов как плотность посева, внесение удобрений, орошение и другие, при этом должна в полной мере учитываться пространственная изменчивость агроценоза, включая микроклимат, неоднородность почвенного покрова и подпочвенного горизонта и состояние растений в посеве [5]. Эффективность новых технологий проявляется не только в существенном повышении урожайности, но и экономии ресурсов, снижении антропогенной нагрузки на окружающую среду [6].

Успех данного подхода в значительной степени зависит от возможности достоверного прогнозирования роста и

развития растений в исходном состоянии среды и реакции посева на изменения условий выращивания, что достижимо только с помощью адекватных динамических и комплексных многофакторных моделей и соответствующих технических средств мониторинга состояния почв и посевов (микро-метеостанции, дистанционное зондирование с помощью летающих роботов, передвижные экспресс анализаторы почв и др.).

За последние сорок лет разработано большое количество различных моделей, имитирующих и раскрывающих различные механизмы продукционного процесса. Среди них следует отметить работы де Вита, Торнли, Эдвардса (С. Т. de Wit, J. H. B. Thornley, Charles Edwards), инициировавшие развитие не только имитационного моделирования фитоценозов, но и экологической физиологии растений [7, 8].

В нашей стране большой вклад в разработку моделей продуктивности растительного покрова внесли Ю. К. Роос, Х. Г. Тооминг, Е. П. Галямин, В. В. Шабанов, Р. А. Полуэктов, О. Д. Сиротенко, Ю. П. Добрачев и др. [1, 9, 10, 11, 12, 13].

Результаты и обсуждение. Рассмотрим, подробнее, какие бывают модели, и приведем их простейшую классификацию, дифференцируя группы моделей по их назначению, формальным методам описания, пространственной и факторной размерности отображения растительного объекта.

По своему назначению модели могут быть разделены на два основных класса: предназначенные для теоретических исследований и для решения практических задач.

Модели для теоретических исследований создаются как инструментарий для изучения биологических процессов, протекающих в посевах, в отдельных особях, в органах и тканях растений, для проверок различных научных гипотез. Они позволяют рассматривать и анализировать важнейшие биологические, биофизические и биохимические процессы роста и развития растений в их взаимосвязи и под воздействием внешней среды. Модели позволяют выделить и оценить роль наиболее значимых эндогенных и экзогенных факторов, влияющих на продуктивность, скорость созревания плодов, водный

обмен и другие процессы. К этой категории можно отнести 3D-модели, описывающие структуру отдельного растения, его рост в трехмерном пространстве и связанные с этим оптические характеристики развивающегося одновидового посева [14].

Модели для исследовательских целей служат для накопления и интеграции знаний, выполнения исследований и проверки гипотез, обучения студентов, междисциплинарных обменов информацией.

Модели для практических целей позволяют решать широкий спектр технологических, экономических и экологических задач. Они предназначены для прогнозирования дохода от производства растениеводческой продукции, климат-контроля парниковых культур, управления технологией выращивания сельскохозяйственных культур в теплицах и открытом грунте, управления межхозяйственным и внутрихозяйственным водораспределением на гидромелиоративных системах, информационного обеспечения системы поддержки принятия экономических и экологических решений регионального уровня и уровня отдельного предприятия [15]. Простая и практичная модель, позволяющая рассчитать урожай в зависимости от режима орошения и различных факторов внешней среды, разработана Шабановым В. В. на кафедре мелиорации и рекультивации земель Московского государственного университета природообустройства [11].

Стоит отметить, что в силу сложности объекта моделирования, его многоуровневой организации, к настоящему времени не существует и не может существовать универсальной модели, которая бы обеспечивала возможность решение всех задач и проблем. Необходимы самые разнообразные модели, решающие как общие, концептуальные, так и вполне конкретные, актуальные научные и практические задачи. Как правило, эти задачи связаны между собой различными содержательными либо целевыми установками. Так, использование сложной модели, разработанной для исследовательских целей, позволяет обнаружить контринтуитивные закономерности, проявляющиеся в системе «почва-растение-атмосфера», выявить наиболее значимые факторы, влияющие на продукционный процесс, а затем, на основе этих знаний сформировать более простую

и быстродействующую модель для управления технологией выращивания культуры в заданной почвенно-климатической зоне или в теплице.

По своему содержанию и формальному описанию модели можно подразделить на **эвристические** (статические) и **причинно-следственные** (динамические).

В основу **эвристических** моделей закладываются различные подходы и концепции: черный ящик, обратная связь и передаточные функции, нахождение и описание статистических закономерностей в наблюдаемых или экспериментальных данных и другие методы, позволяющие связать отклик или реакцию моделируемого объекта на внешнее воздействие. В научной литературе представлено огромное количество удачных и востребованных эвристических моделей, достоверно отражающих корреляционные связи и функциональные зависимости между входом и выходом изучаемых систем, но слабо вскрывающих внутренние механизмы и закономерности, которым подчиняется поведение системы.

Причинно-следственные модели изначально формируются таким образом, чтобы множество поведенческих атрибутов моделируемого объекта проявлялось как следствие развития взаимодействующих между собой и с внешней средой внутренних механизмов и процессов, хорошо изученных и описываемых относительно простыми функциями. Модели данного класса, как правило, являются многофакторными, включая, в том числе временной фактор, обеспечивающий возможность отображения динамических свойств объекта. Выход таких моделей также представлен расчетными параметрами и характеристиками, описывающими состояние объекта и траекторию переходов из одного состояния в другое в форме временных многомерных рядов. Например, кроме интенсивности фотосинтеза, могут быть ряды накопления биомассы, нарастания площади листьев и корней, транспирации и поглощения элементов минерального питания, даты фенологического развития и другие характеристики.

Причинно-следственные модели, будучи формальными, являются по своей сути содержательными и в свою структуру включают подмодели, по крайней мере, на один иерархический уровень ниже, чем

основная модель. Например, в модель роста растения входит подмодель роста корневой системы, испарения влаги с растительного покрова, апертур листовой устьиц. Чем больше иерархических уровней содержит модель, тем выше ее потенциальные возможности по описанию реальных процессов.

По степени визуализации процессов модели можно подразделить численные (2D), структурные (3D) и структурно-функциональные модели.

Численные (2D) модели представляют собой традиционные модели, результаты которых выдаются в виде числовых рядов, таблиц, различного вида диаграмм и графиков.

Структурные (3D) модели растений, которые называют также геометрическими моделями растения, предназначены для имитации формирования структуры посева или растения. В этих разработках ученые столкнулись с рядом проблем. Сложность описания развития пространственной организации одиночного растения связана с структурным многообразием процессов ветвления, которое задается не только генотипом, но и фенотипической пластичностью архитектуры, обусловленной воздействием внешних факторов. К ним относится влияние конкурентных отношений с соседними особями (затенение, площадь питания) в одновидовых и многовидовых фитоценозах. Использование междисциплинарных подходов и современных достижений компьютерной графики позволили в значительной мере преодолеть эти трудности [16].

Функционально-структурные модели растений (FSPM) позволяют имитировать фенологическое развитие, формирование органов и структуры растений в фитоценозе, опираясь на описание динамики физиологических процессов под воздействием факторов внешней среды. Численные эксперименты по заданным сценариям сопровождаются визуализацией пространственного строения растения или посева в объемном формате. Функционально-структурные модели растений позволяют исследовать и интегрировать отношения между архитектурой растения и физиологическими процессами, лежащими в основе его роста и развития. В последние годы функционально-структурный подход расширил области

своего применения. Созданы модели роста и развития, которые описывают процессы, протекающие на биохимическом, клеточном и органном уровне обеспечивающие возможность отображения формирования габитуса растений и структурной организации посева под влиянием факторов внешней среды. В то же время разработаны модели, функционирующие на макроскопическом уровне, в масштабах целых растений и растительных сообществ. Спектр существующих FSPM-моделей достаточно широк – от многоклеточных водорослей до древесной растительности [14, 17, 18].

Выводы

Многообразие созданных и разрабатываемых моделей роста растений и формирования урожая, быстрота внедрения новых методов и достижений современной науки и техники в их разработку и информационное обеспечение свидетельствует о том, что это направление науки во многом определило свои задачи, пути их решения и спектр возможного применения. Достижения последних лет показывают, что методология имитационного моделирования растительных объектов заслуживает более широкого применения в исследованиях экологических и агробиологических систем.

В настоящее время не существует других столь же мощных средств исследования интегративной и экологической физиологии растений. Количественная оценка значений различных физиологических, морфологических, фенологических и трофических особенностей, характеристик состояний, проведение неосуществимых на практике экспериментов и исследование механизмов интеграции от наследственной активности ферментных систем до формообразования и ценотических взаимоотношений – все это в пределах возможностей имитационного моделирования. Необходимо отметить требования практики к разработкам различных классов более совершенных и эффективных моделей и систем управления, обеспечивающих повышение урожайности и качество сельскохозяйственной продукции. Имитационные системы, предназначенные для исследовательских целей, играют важную роль в процессе разработки прикладных моделей.

Сельское хозяйство, мелиорация

и другие отрасли народного хозяйства, связанные с растениеводством, все в большей мере используют информационные системы управления технологиями выращивания сельскохозяйственных культур. Использование моделей роста и развития растений в управлении сельскохозяйственным производством в сфере экономики и технологии является одним из действенных средств повышения урожайности и рационального использования природных ресурсов.

Библиографический список

1. Полуэктов Р. А. Динамические модели агроэкосистем. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 312 с.
2. Соколов А. Л. Оптимизация управления водным режимом сельскохозяйственных культур с учетом влагопереноса: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: ТСХА, 1985. – 22 с.
3. Точное земледелие (Precision Agriculture) / Агрофизпродукт (Электронный ресурс). – URL: http://www.agrophys.com/Agrophys_files/Preagro/preagro.html (Дата обращения 31.03.2016).
4. Zhu X. G., Zhang G. L., Tholen D., et al. Thenextgenerationmodelsforcrops and agro-ecosystems // Sci. ChinaInfSci. – 2011. – Vol. 54. – Doi: 10.1007/s11432-011-4197. – P. 589–597.
5. Stafford J. V. Implementing precision agriculture in the 21st century // Journal AgrEngRes. – 2002. – Vol. 76. – P. 267–275.
6. Беленков А. И. Перспективы использования точного земледелия при производстве растениеводческой продукции // Нивы Зауралья. – 2014. – № 5(116).
7. Thornley J. H. B. Respiration, growth and maintenance in Plants // Nature. – 1976. – Vol. 227. – P. 233.
8. Wit C. T. de. BACROS, a basic crop simulator. Simulation monogr. (prepr.). 1975.
9. Росс Ю. К. Радиационный режим и архитектура растительного покрова. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 542 с.
10. Галямин Е. П. Оптимизация оперативного распределения водных ресурсов. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 272 с.
11. Шабанов В. В. Влагообеспеченность яровой пшеницы и ее расчет. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 141 с.
12. Сиротенко О. Д. Математическое моделирование водно-теплового режима

и продуктивности агроэкосистем. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 167 с.

13. Головатый В. Г., Добрачев Ю. П., Юрченко И. Ф. Модели управления продуктивностью мелиорируемых агроценозов. – М.: ВНИИГиМ, 2001. – 98 с.

14. Kang M. G., Cournide P. H., Mathieu A., Letort V., Qi R. A Functional-Structural Plant Model: Theories and its Applications in Agronomy (Cao, W. and White, J. and Wang, E.). Crop Modeling and Decision Support. – Springer, 2009. – P. 148–160

15. Петрова С. А. Совершенствование оперативного управления процессами в растениеводстве // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2011. – № 6. – С. 62–64.

16. Deussen O., Lintermann B. Digital Design of Nature: Computer Generated Plants and Organics. – Springer, 2005. – 307 p.

17. Sievдnen R., Perttunen J., Nikinmaa E., Posada J. M. Functional Structural Plant Models – Case LIGNUM. (Invited Talk). In: Proceedings of Plant Growth Modeling, Simulation, Visualization and Applications (PMA) // Third International Symposium on , 9–13 Nov. 2009, IEEE Compute Society, doi: 10.1109/PMA.2009.64. – P. 3–9,

18. Allen M. T., Prusinkiewicz P., DeJong

T. M. Using L-systems for modeling source-sink interactions, architecture and physiology of growing trees: the L-PEACH model // New Phytologist. – 2005. – Vol. 166(3). – P. 869–880.

Материал поступил в редакцию 31.03.2016.

Сведения об авторах

Добрачев Юрий Павлович, доктор технических наук, профессор; заведующий отделом; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова»; 127550, г. Москва, ул. Б. Академическая 44, к. 2; тел.: 8(499)153-07-29; e-mail: dobrachev@vniigim.ru.

Соколов Андрей Львович, кандидат технических наук, доцент; старший научный сотрудник; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская д. 49; тел.: 8(499)976-0480; e-mail: andrey.sokolov2014@yandex.ru.

YU. P. DOBRACHEV

The Federal state budget scientific institution

«The All-Russian research institute of hydraulics and land reclamation named after A. N. Kostyakov», Moscow

A. L. SOKOLOV

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

«Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

MODELS OF PLANTS GROWTH AND DEVELOPMENT AND TASK OF RAISING CROPS PRODUCTIVITY

The article is devoted to the use of models of formation of a crop in the management of agricultural production. The authors emphasize that the use of modeling approach is particularly effective if it is combined with the use in precision agriculture. The article provides a brief overview of the models of the production process, developed over the past 40 years. The classification models of formation of a crop reflecting the current state of the question. According to the destination model can be divided into two basic classes: dedicated to theoretical studies and to solve practical problems. Models for research purposes are used for accumulation and integration of knowledge, implementation research and testing hypotheses, student learning, interdisciplinary information exchange. Models for practical purposes, allow solving a wide range of technological, economic and environmental objectives. By their nature, and the formal description of the model can be divided into heuristic (static) and causal (dynamic). The basis of the heuristic models laid different approaches and concepts: black box, feedback and transfer functions, finding and description of statistical regularities in the observed or experimental data and other methods to link the response or reaction of the simulated object to an external stimulus. In terms of process visualization model can be divided into numerical (2D), structural (3D) structural and functional models. The authors conclude that the methodology of simulation objects plant deserves wider application

of research and development in environmental and agro-biological systems. Using models of plant growth and development in the management of agricultural production in the area of economy and technology is one of the most effective means of improving productivity and sustainable use of natural resources.

The model of plants growth and development, agrocenosis, productivity of agricultural crops, precision agriculture, classification.

References

1. **Poluektov R. A.** Dinamicheskiye modeli agroecosistem. – L.: Gidrometeoizdat, 1991. – 312 s.
2. **Sokolov A. L.** Optimizatsiya upravleniya vodnym rezhimom sel'skohozyaistvennykh kul'tur s uchetom vlagoperenosa: avtoref. dis.... cand. tehn. nauk. – M.: TSHA, 1985. – 22 s.
3. **Tochnoye zemledelie (Precision Agriculture) / Agrophizprodukt (Electronny resurs).** – URL: http://www.agrophys.com/Agropvodnym_files/Preagro/preagro.html (Data obrashcheniya 31.03.2016).
4. **Zhu X. G., Zhang. G. L., Tholen. D., et al.** Thenextgenerationmodelsforcrops and agro-ecosystems // *Sci. ChinaInfSci.* – 2011. – Vol. 54. – Doi: 10.1007/s11432-011-4197. – P. 589–597.
5. **Stafford J. V.** Implementing precision agriculture in the 21st century // *Journal AgrEngRes.* – 2002. – Vol. 76. – P. 267–275.
6. **Belenkov A. I.** Perspektivy ispol'zovaniya tochnogo zemledeliya pri proizvodstve rastenievodcheskoj productsii // *Nivy Zaural'ya.* – 2014. – № 5(116).
7. **Thornley J. H. B.** Respiration, growth and maintenance in Plants // *Nature.* – 1976. – Vol. 227. – P. 233.
8. **Wit C. T. de.** BACROS, a basic crop simulator. *Simulation monogr.* (prepr.). 1975.
9. **Ross Yu. K.** Radiatsionny rezhim i arhitektonika rastitel'nogo pokrova. – L.: Gidrometeoizdat, 1975. – 542 s.
10. **Galyamin E. P.** Optimizatsiya operativnogo raspredeleniya vodnykh resursov. – L.: Gidrometeoizdat, 1981. – 272 s.
11. **Shabanov V. V.** Vлагообеспеченность яровых пшениц и ее расчет. – L.: Gidrometeoizdat, 1981. – 141 s.
12. **Sirotenko O. D.** Matematicheskoye modelirovaniye vodno-teplovogo rezhima i produktivnosti agroecosistem. – L.: Gidrometeoizdat, 1981. – 167 s.
13. **Golovaty V. G., Dobrachev Yu. P., Yurchenko I. F.** Modeli upravleniya produktivnost'yu melioriruemyykh agrotsenozov. – M.: BNIIGiM, 2001. – 98 s.
14. **Kang M. G., Cournède P. H., Mathieu A., Letort V., Qi R.** A Functional-Structural Plant Model: Theories and its Applications in Agronomy (Cao, W. and White, J. and Wang, E.). *Crop Modeling and Decision Support.* – Springer, 2009. – P. 148–160
15. **Petrova S. A.** Sovershenstvovanie operativnogo upravleniya protsessami v rastenievodstve // *Vestnik FGOU VPO MGAU.* – 2011. – № 6. – S. 62–64.
16. **Deussen O., Lintermann B.** Digital Design of Nature: Computer Generated Plants and Organics. – Springer, 2005. – 307 p.
17. **Sievdnen R., Perttunen J., Nikinmaa E., Posada J. M.** Functional Structural Plant Models – Case LIGNUM. (Invited Talk). In: *Proceedings of Plant Growth Modeling, Simulation, Visualization and Applications (PMA) // Third International Symposium on*, 9–13 Nov. 2009, IEEE Compute Society, doi: 10.1109/PMA.2009.64. – P. 3–9,
18. **Allen M. T., Prusinkiewicz P., DeJong T. M.** Using L-systems for modeling source-sink interactions, architecture and physiology of growing trees: the L-PEACH model // *New Phytologist.* – 2005. – Vol. 166(3). – P. 869–880.

Received on 31.03.2016.

Information about the authors

Dobrachev Yuriy Pavlovich, doctor of technical sciences, professor, head of the department; The Federal state budget scientific institution «The All-Russian research institute of hydraulics and land reclamation named after A. N. Kostyakov»; 127550, Moscow, ul. B. Akademicheskaya 44, k. 2; tel.: 8(499)153-07-29; e-mail: dobrachev@vniigim.ru.

Sokolov Andrej Ljvovich, candidate of technical sciences, associate professor, senior researcher; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University»; 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49; tel.: 8(499)976-0480; e-mail: andrey.sokolov2014@yandex.ru.

УДК 502/504:631.67

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

ОСНОВНЫЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Главной темой исследований является постановка и разработка основных направлений решения проблема повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения. Научная новизна исследований заключается в разработке и использовании новых теоретических, методологических и методических подходов повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем при разработке теоретической концептуальной модели повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения. Практическим результатом выполненных исследований является реализация предложенных принципов и новых подходов к созданию оросительных систем нового поколения: использование термодинамического подхода для оценки вещественно-энергетического состояния почв и оценке эффективности оросительных мелиораций в различных природно-климатических зонах России и системно-ситуационного подхода к управлению геоэкологическими рисками на оросительных системах. Для решения проблемы повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения разработана обобщенная концептуальная модель, в основу которой положены следующие разработки: теоретические научные и методологические основы повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем с использованием современных подходов к созданию систем нового поколения; новые инновационные технологии и технические средства, используемые на оросительных системах нового поколения; современные инновационные природоохранные и ресурсосберегающие технологии. Разработка теоретической концептуальной модели повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения позволяет обосновать и согласовать необходимый комплекс разработок по снижению антропогенных нагрузок и уменьшению негативных последствий их формирования с использованием термодинамических показателей имитационного моделирования, сценарных исследований, оценки геоэкологических рисков и экологических ущербов. Данные исследования могут быть использованы специалистами-мелиораторами, гидрогеологами, проектировщиками дренажных, водопонижительных и гидротехнических систем др.

Экологическая безопасность, функционирование, оросительные системы нового поколения, мелиоративные воздействия, термодинамический подход, энергоэффективность, системно-ситуационный подход, геоэкологический риск, управление геоэкологическими рисками.

Введение. Одной из важнейших задач эффективного развития экономики и сельского хозяйства России является обеспечение продовольственной независимости и разработка наилучших доступных технологий и импортозамещения в области агропромышленного комплекса. В этом плане для обеспечения продовольственной независимости страны в условиях активного реформирования аграрного сектора существенно возрастает роль мелиорации в повышении объемов сельскохозяйственной продукции на внутреннем и мировом рынках, основу которого составляет

инновационное развитие мелиоративного фонда, базирующееся на достижениях научно-технического прогресса. Характерной особенностью современного сельского хозяйства в Российской Федерации является развитие мелиорации и, прежде всего, орошения, как одного из главных факторов обеспечения продовольственной безопасности страны [1].

В современных условиях функционирование большинства мелиоративных систем осложняется из-за ухудшения их технического состояния, моральной и физической изношенности насосного

оборудования, технических средств и т. д. Техническая и моральная изношенность основных фондов практически на всех действующих мелиоративных объектах, выработка нормативных сроков эксплуатации технических средств, резкое сокращение объемов работ по реконструкции, строительству, эксплуатации и техническому обслуживанию заставляют совершенствовать существующие и искать новые пути снижения экологической опасности функционирования мелиоративных систем.

К числу основных направлений развития мелиоративного фонда можно отнести следующее: создание мелиоративных систем нового поколения; разработка принципиально новых технологий создания и эксплуатации мелиоративных систем; оценка эффективности функционирования оросительных мелиоративных систем; автоматизация производственных процессов и управления производством; ресурсосберегающие технологии и т. д.

Актуальность исследований заключается в разработке теоретических, методологических и методических основ повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения.

Объекты и методы исследований. Основными методами исследований являются изучение фондовых и проектных материалов и публикаций открытого доступа институтов сферы мелиорации; нормативно-методические документы, новые современные подходы в изучении и оценке эффективности мелиоративных воздействий на агроландшафт; системный анализ, имитационное математическое моделирование; теория анализа, прогноза и управления рисками.

Проведенный анализ оценки функционирования оросительных систем в различных регионах России дает основание считать, что в настоящее время имеется три основных направления в решении проблемы повышения экологической безопасности оросительных систем нового поколения [2].

Первое направление связано с теоретическими и методологическими разработками научных основ снижения антропогенных нагрузок и повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем, включающих в себя:

концептуальную модель повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем;

новый термодинамический подход в оценке вещественно-энергетического состояния зонально-провинциальных почв и энергоэффективности применения оросительных мелиораций для различных природно-климатических зон Российской Федерации;

методологический системно-ситуационный подход к повышению экологической безопасности оросительных систем на основе теории управления техноприродными геоэкологическими рисками.

Второе направление связано с:

совершенствованием новых инновационных технологий и технических средств оросительных систем нового поколения, позволяющих повысить коэффициент использования воды, снизить потери воды на фильтрацию, повысить качество полива за счет внедрения водосберегающих технологий, обеспечивать получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур;

разработкой и внедрением новых модульных и функциональных технических средств многоцелевого назначения, обеспечивающих модернизацию современной дождевальной техники, способствующих сокращению оросительных норм и улучшению качества полива, уменьшению фильтрационных потерь, технологических сбросов на оросительных системах нового поколения;

совершенствованием новых инновационных технологий орошения и строительства оросительных систем, дренажа, каналов, структуры посевов, применения удобрений, освоения новых сортов и т. д.

Третье направление исходит из разработки новых инновационных и совершенствования существующих природоохранных и ресурсосберегающих технологий и технических решений, которые включают в себя:

разработку методов более глубокой очистки природных компонентов (почв, поверхностных, подземных, сбросных и коллекторно-дренажных вод);

применения новых химических мелиорантов и природных сорбентов для очистки коллекторно-дренажных и сбросных вод;

совершенствование способов утилиза-

ции коллекторных и дренажно-сбросных вод;

разработку наукоемких технологий управления системами комплексной мелиорацией земель, включая информационные технологии по регулированию природно-мелиоративными процессами, воспроизводству почвенного плодородия, формированию мониторинговых исследований для оценки состояния мелиорированных земель и т. д.

Одним из основных принципов научного создания оросительных систем нового поколения является разработка концептуальной модели повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем на основе новых подходов к обоснованию развитию оросительных мелиораций и новых методов управления и технологий на мелиоративных системах.

Результаты и обсуждение. Для

решения поставленной проблемы была разработана обобщенная концептуальная модель повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения. Основу концептуальной модели составляют три базовых комплекса разработок:

теоретические основы повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем на основе современных методов изучения компонентов природной среды и оценке эффективности мелиоративных воздействий;

инновационные технологии и технические средства на оросительных системах нового поколения;

инновационные природоохранные и ресурсосберегающие технологии.

Обобщенная концептуальная модель повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения показана на рисунке 1.

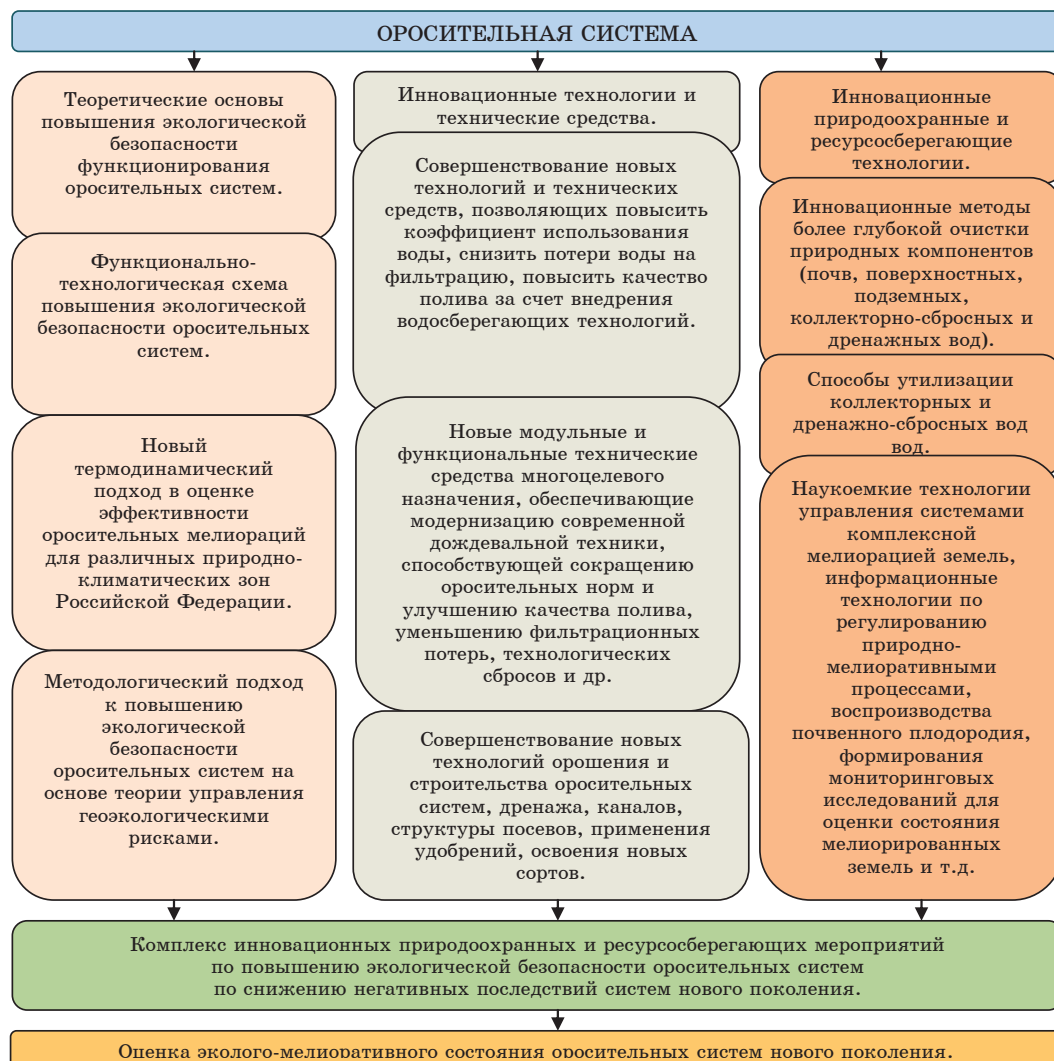


Рис. 1. Обобщенная концептуальная модель повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения

Основной алгоритм формирования концептуальной модели повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения состоит в разработке и формировании адаптивных инновационных технических средств и технологий на основе компромиссных решений в согласовании мелиоративных воздействий и параметров природного объекта с использованием новых теоретических и методических подходов по оценке термодинамического состояния природных объектов, основ теории управления рисками, методов разработки информационных систем управления водопользованием на орошении и т. д.

В основу базового комплекса разработок теоретических основ повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения положены новые современные подходы [3, 4]:

теоретический термодинамический подход, позволяющий на основе методов теории неравновесной термодинамики и закономерностей энергетических превращений в почвах рассчитать вещественно-энергетическое состояние различных почв и оценить эффективность оросительных мелиораций в различных природно-климатических условиях;

методологический системно-ситуационный подход к управлению геоэкологическими рисками, позволяющий на основе диагностики формирования негативных последствий, прогнозирования сценарных исследований антропогенных нагрузок, анализа и оценки геоэкологических рисков и обобщенных экологических ущербов снизить рискованные ситуации развития негативных процессов и компенсировать затраты на природоохранные мероприятия на оросительных системах [5].

Реализация термодинамического подхода для оценки энергетического состояния почв при проведении оросительных мелиораций и расчетов коэффициента энергоэффективности проведения оросительных мелиораций была выполнена для различных природно-климатических зон Европейской территории России [6], которая показала эффективность их проведения, особенно в засушливых зонах (рис. 2).

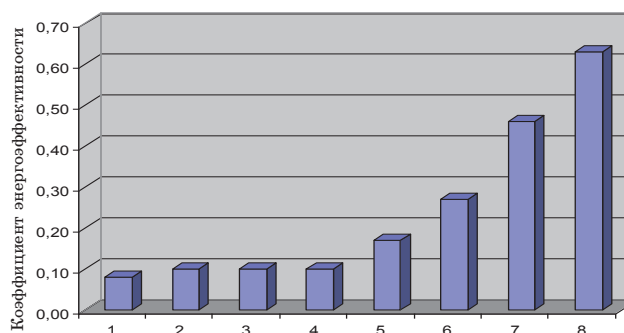


Рис. 2. Динамика коэффициента энергоэффективности проведения оросительных мелиораций для зонально-провинциальных типов почв Европейской территории России: 1 – дерново-подзолистые; 2 – серые лесные; 3 – черноземы выщелоченные; 4 – черноземы типичные; 5 – черноземы обыкновенные; 6 – черноземы южные; 7 – каштановые; 8 – бурые пустынные

Использование системно-ситуационного подхода к управлению геоэкологическими рисками на оросительных системах позволило разработать структурную схему, предполагающую создание двух блоков: блока идентификации геоэкологического риска и имитационного моделирования для оценки ущербов и блока управления рисками путем разработки природоохранных мероприятий, реализация которых позволит повысить экологическую безопасность функционирования оросительных систем (рис. 3) [7, 8].

Вторым базовым комплексом разработок в концептуальной модели повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем является разработка инновационных технологий и новых технических средств, используемых на системах нового поколения, с помощью которых можно повысить экологическую надежность оросительных систем:

разработка и усовершенствование конструктивных особенностей мелиоративных сооружений (совершенствование и более полный учет всех факторов, влияющих на повреждение и отказы);

высокое качество материалов составляющих элементов и узлов (повышение качества и прочности трубного материала, использование новых облегченных материалов, применение быстрой заменяемости, легкосменяемости, использование гибких и мягких конструкций и современных защитных изоляционных покрытий и т. д.); высокое качество строительных и



Рис. 3. Структурная схема управления геоэкологическими рисками на оросительных системах нового поколения

монтажных работ (повышение качества работ и постоянный контроль за их производством и выполнением);

надежная техническая эксплуатация (строгое соблюдение правил эксплуатации, оснащение современными передвижными средствами и механизмами для ремонта, внедрение современных технологий ремонта и т. д.);

своевременные организационно-технические мероприятия (повышение их качества, установление встроенных измерительных приборов в узлы для сбора необходимых данных);

систематические профилактические работы (повышение качества осмотров, ремонта и обеспечение запасными элементами).

Для повышения экологической безопасности оросительных систем в блоке инновационных инженерных сооружений необходима разработка экологических ограничений на качество оросительных, коллекторно-дренажных и сбросных вод, которые вводятся на объемы дренажного стока с загрязняющими веществами через предельно-допустимые сбросы (ПДС) и качество дренажных вод с учетом предельно-допустимых концентраций (ПДК).

В третьем базовом комплексе разработок – блоке инновационных природоохранных и ресурсосберегающих технологий основное внимание должно быть уделено на:

разработку и использование новых технологических приемов режима орошения и техники полива, совершенствование и внедрение водосберегающих технологий (дискретных способов поверхностного полива, обеспечивающих строгое нормирование орошения и сроков полива,

равномерное увлажнение почв, сокращение и полное устранение непроизводительных потерь и т. д.).

совершенствование интенсивных инновационных технологий гидромелиорации (использование устройств, дозаторов для регулирования подачи воды, удобрений, температуры, газового состава и т.п.; автоматизация удобрительного дождевания и т. д.).

совершенствование технологий в системах: двойного регулирования, капельного орошения, оборотного использования, синхронно-импульсного дождевания (использование плавучих и блочно-комплексных насосных станций и станций капсульного типа, широкой использование средств малой механизации и т. д.); совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Кроме того, особое внимание должно быть уделено на повышение уровня управления оросительных систем нового поколения, которое может быть достигнуто, прежде всего, путем разработки научных основ создания информационных систем управления водопользованием на орошении и широкого использования современных компьютерных ГИС-технологий.

Успешное решение поставленных задач повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения возможно при использовании ландшафтно-геосистемного подхода, позволяющего рассматривать природную среду как единую территорию, состоящую из взаимосвязанных взаимообусловленных компонентов, а

методической основой – изучение вещественных и энергетических потоков в ландшафте, в том числе водного и солевого режимов.

Выводы

Для решения проблемы повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения разработана обобщенная концептуальная модель, в основу которой положены следующие разработки:

теоретические научные и методологические основы повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем с использованием современных подходов к созданию систем нового поколения;

новые инновационные технологии и технические средства, используемые на оросительных системах нового поколения;

современные инновационные природоохранные и ресурсосберегающие технологии.

В рамках теоретических научных разработок на основе термодинамического подхода проведена оценка вещественно-энергетического состояния зонально-провинциальных почв Европейской территории России и выполнена оценка эффективности оросительных мелиораций для различных природных зон.

С использованием системно-ситуационного подхода к управлению геоэкологическими рисками и общих вопросов теории управления рисками (анализа, прогноза и управления) усовершенствована методология оценки и прогноза геоэкологическими рисками, представляющую собой основу обеспечения и повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения.

Библиографический список

1. Кизяев Б. Б., Мартынова Н. Б. Реализация научных проектов в сфере развития мелиоративного комплекса России // Природообустройство. – 2015. – № 5. – С.

13–17.

2. Манукьян Д. А., Карпенко Н. П. Экологическая безопасность функционирования техноприродных систем: состояние, проблемы и пути решения. – Монография. – М.: МГУП. – 2007. – 294 с.

3. Карпенко Н. П., Манукьян Д. А. Управление геоэкологическими рисками – основа экологической безопасности функционирования мелиоративных систем // Вестник РАСХН. – 2010. – № 6. – С. 63–65.

4. Манукьян Д. А., Карпенко Н. П. Вопросы управления геоэкологическими рисками на мелиоративных системах // Мелиорация и водное хозяйство. – 2010. – № 5. – С. 26–29.

5. Карпенко Н. П. Основы диагностики формирования негативных последствий при антропогенных нагрузках для управления геоэкологическими рисками // Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства России» (Костяковские чтения): материалы междунар. конф. – М.: Изд. ВНИИА. – 2013. – С. 289–293.

6. Кирейчева Л. В., Карпенко Н. П. Оценка эффективности оросительных комплексных мелиораций в зональном ряду почв // Почвоведение. – 2015. – № 5. – С. 587–596.

7. Карпенко Н. П. Структура и оценка геоэкологических рисков // Природообустройство. – 2009. – № 3. – С. 45–50.

8. Карпенко Н. П. Геоэкологический риск: анализ, оценки, управление: Монография. – Palmarium Academic Publishing, 2014. – 145 с.

Материал поступил в редакцию 16.03.2016.

Сведения об авторе

Карпенко Нина Петровна, доктор технических наук, профессор кафедры «Гидрология, гидрогеология и регулирование стока»; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, Прянишникова, д.19; тел. 8(499)976-22-27; e-mail npkarpenko@yandex.ru.

N. P. KARPENKO

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

MAIN WAYS OF IMPROVING ENVIRONMENTAL SAFETY OF FUNCTIONING OF IRRIGATION SYSTEMS OF A NEW GENERATION

The main theme of researches is statement and development of main directions of solving a problem of improvement of environmental safety of functioning of irrigation systems of a new generation. The scientific novelty of the researches is development and use

of new theoretical, methodological and methodic approaches of improvement of environmental safety of functioning of irrigation systems when developing a theoretical conceptual model of improvement of environmental safety of functioning of irrigation systems of a new generation. The practical result of the fulfilled researches is realization of the proposed principles and new approaches to creation of irrigation systems of a new generation: usage of the thermodynamic approach to assessment of the real energy state of soils and assessment of the efficiency of irrigation reclamations in different natural-climatic zones of Russia and systematic-situational approach to the management of geoecological risks on irrigation systems. For solving the problem of improvement of environmental safety of functioning of irrigation systems of a new generation there is developed a generalized conceptual model based on the following developments: theoretical scientific and methodological bases of improvement of environmental safety of functioning of irrigation systems with usage of modern approaches to establishment of systems of a new generation; new innovation technologies and technical means used on the irrigation systems of a new generation; modern innovation environmental and resource saving technologies. Development of the theoretical conceptual model of a higher ecological safety of functioning of irrigation systems of a new generation allows substantiating and agreeing the necessary complex of development on reducing anthropogenic loadings and decreasing negative consequences of their formation using thermodynamic indicators, simulation modeling, scenario studies, assessment of geoecological risks and ecological damages. These investigations can be used by specialists-reclamation experts, hydro geologists, designers of drainage, water lowering and hydro engineering systems etc.

Environmental safety, functioning, irrigation systems of the new generation, ameliorative effects, the thermodynamic approach, energy efficiency, system-situational approach, geo-ecological risk, management of geo-ecological risks.

References

1. Kizyaev B. B., Martynova N. B. Realizatsiya nauchnyh proektov v sfere razvitiya meliorativnogo kompleksa Rossii // Prirodoobustroystvo. – 2015. – № 5. – S. 13–17.
2. Manukjyan D. A., Karpenko N. P. Ecologicheskaya bezopasnostj funkcionirovaniya tehnoprirodnih system: sostoyanie, problem i puti resheniya. – Monographiya. – M.: MGUP. – 2007. – 294 s.
3. Karpenko N. P., Manukjyan D. A. Upravleniye geologicheskimi riskami – osnova ecologicheskoy bezopasnosti funkcionirovaniya meliorativnyh system // Vestnik RASHN. – 2010. – № 6. – S. 63–65.
4. Manukjyan D. A., Karpenko N. P. Voprosy upravleniya geoecologicheskimi riskami na meliorativnyh sistemah // Melioratsiya i vodnoye hozyajstvo. – 2010. – № 5. – S. 26–29.
5. Karpenko N. P. Osnovy diagnostiki formirovaniya negativnyh posledstvij pri antropogennyh nagruzkah dlya upravleniya geoecologicheskimi riskami // Melioratsiya i problem vosstanovleniya seljskogo hozyajstva Rossii (Kostyakovskie chteniya): materialy mezhdun. conf. – M.: Izd. VNIIA. – 2013. – S. 289–293.
6. Kireicheva L. V., Karpenko N. P. Otsenka effektivnosti orositelnyh kompleksnyh melioratsij v zonalnom ryady pochv // Pochvovedenie. – 2015. – № 5. – S. 587–596.
7. Karpenko N. P. Struktura i otsenka geoecologicheskikh riskov // Prirodoobustroystvo. – 2009. – № 3. – S. 45–50.
8. Karpenko N. P. Geoecologicheskij risk: analiz, otsenki, upravlenie: Monographiya. – Palmarium Academic Publishing, 2014. – 145 s.

Received on 16.03.2016.

Information about the author

Karpenko Nina Petrovna, doctor of technical sciences, professor of the chair «Hydrology, hydrogeology and runoff regulation»; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University»; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, d.19; tel. 8(499)976-22-27; e-mail npkarpenko@yandex.ru.

УДК 502/504:631.432.22

В. В. ШАБАНОВ, А. Д. СОЛОШЕНКОВФедеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва**ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ТИПОВ УВЛАЖНЕНИЯ ПО КАТЕНЕ ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ПЛАНИРОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

Дифференциация типов водного питания почв необходима, в первую очередь, для оптимизации сельскохозяйственного производства на мелиорируемых землях. Изучение распределения почвенной влаги в пространстве и во времени позволяет адекватно планировать и осуществлять управляющие воздействия. Целью работы является подтверждение универсальности пространственно-временной упорядоченности распределения почвенной влаги по катене, на примере Псковской и Московской областей. В работе показано, что изменение содержания влаги в почве по агрогидрологическим районам, происходит по ранее обоснованному принципу. Для подтверждения предлагаемой ранее авторами дифференциации проводится картирование данных многолетних запасов продуктивной влаги в почве под яровыми и озимыми культурами. На основе экспериментальных данных подтверждены установленные ранее последовательности размещения агрогидрологических районов и типов водного питания почв по катене. Показано, что картографический подход к визуализации больших данных по содержанию влаги в почве облегчает планирование (прогнозирование) размещения сельскохозяйственных культур на различных элементах ландшафта. Сделан вывод, что закономерность расположения агрогидрологических районов по катене, установленные ранее, сохраняется в Псковской и Московской областях. Содержание продуктивных влагозапасов в почве по агрогидрологическим районам закономерно уменьшается от агрогидрологического района «Обводнение» (ОБВ) к последующим. На основании этой информации можно планировать размещение сельскохозяйственной культуры именно на том ландшафтном элементе, где продолжительность благоприятных условий будет максимальной. Вместе с тем, карта распределения влагозапасов во времени и в ландшафтном пространстве дает возможность определять периоды неоптимальных условий (почвенного переувлажнения или засухи) и планировать возможные мелиоративные мероприятия.

Дифференциация типов водного питания, обоснование необходимости мелиорации, агрогидрологические районы и их характеристики, продуктивные влагозапасы, ландшафтная катена, закономерность изменения влагозапасов по катене, оптимальное распределение культур в ландшафте, Псковская область, Московская область.

Дифференциация типов водного питания, обоснование необходимости мелиорации, агрогидрологические районы и их характеристики, продуктивные влагозапасы, ландшафтная катена, закономерность изменения влагозапасов по катене, оптимальное распределение культур в ландшафте, Псковская область, Московская область.

В работе «Дифференциация типов увлажнения и типов водного питания почв по катене» [1] был установлен закономерный порядок расположения агрогидрологических районов по катене. Для проверки соблюдения данной последовательности на катенах различных областей, в этой статье,

проанализированы данные по Псковской и Московской областям.

В рамках данного исследования предложен метод анализа данных по многолетним запасам продуктивной влаги в почве на конец декады под озимыми зерновыми культурами по занятому пару и непаровым предшественникам, а также под ранними яровыми зерновыми культурами Псковской и Московской областей (средние значения по агрогидрологическим районам [2]). Данные представлены в таблицах 1 и 2.

Предполагается, что агрогидрологические районы в Псковской и Московской областях расположены по ранее

Таблица 1

Многолетние запасы продуктивной влаги (мм) в почве на конец декады под озимыми зерновыми культурами по занятому пару и непаровым предшественникам, средние по агрогидрологическим районам

Месяц	Декада	Псковская область			Московская область					
		ОБВ	МКУ	ПКУ	ОБВ	МКУ	ПКУ	ВИУ	КППВ	ПВП
III	3	260	236	214	238	243	198	195	214	173
IV	1	258	231	209	238	232	194	192	208	170
	2	244	219	198	225	220	188	190	197	161
	3	235	210	190	216	211	180	182	189	154
V	1	225	203	184	204	202	170	173	177	141
	2	215	197	178	193	191	159	164	166	128
	3	206	190	171	181	178	149	154	154	110
VI	1	194	175	155	167	159	136	141	141	97
	2	182	159	139	152	140	123	129	128	94
	3	170	144	122	138	121	110	117	114	90
VII	1	167	140	119	139	121	112	116	107	94
	2	164	136	117	141	120	113	115	105	94
	3	162	132	116	142	120	114	114	94	98
VIII	1	188	150	138	165	136	118	127	138	123
	2	188	151	140	166	137	119	129	139	125
	3	189	152	141	167	137	120	130	139	126
IX	1	195	157	143	169	145	125	137	144	126
	2	200	164	144	170	153	131	138	145	126
	3	205	166	146	172	161	136	142	149	126
X	1	213	171	153	180	167	144	149	150	132
	2	221	176	160	188	173	152	152	151	138
	3	228	182	168	196	179	161	159	152	144

Таблица 2

Многолетние запасы продуктивной влаги (мм) в почве на конец декады под ранними яровыми зерновыми культурами средние, по агрогидрологическим районам

Месяц	Декада	Псковская область			Московская область					
		ОБВ	МКУ	ПКУ	ОБВ	МКУ	ПКУ	ВИУ	КППВ	ПВП
III	3	255	227	207	236	218	207	183	202	160
IV	1	245	219	199	226	210	199	177	195	156
	2	240	214	194	221	205	194	174	190	155
	3	235	209	190	216	200	190	170	186	152
V	1	228	202	183	208	193	183	161	180	145
	2	224	192	174	198	183	173	152	159	136
	3	219	188	151	194	173	170	140	149	134
VI	1	208	174	136	181	169	156	130	137	125
	2	190	164	133	175	158	150	119	120	118
	3	179	149	130	170	149	143	110	109	110
VII	1	177	145	125	168	145	138	105	103	105
	2	167	137	117	164	137	133	102	100	90
	3	161	130	110	150	135	128	98	97	86

обоснованному порядку: 1. ОБВ (тип – Обводнение); 2. МКУ (тип – Максимального капиллярного увлажнения); 3. ПКУ (тип – Периодического капиллярного увлажнения); 4. ВИУ (тип – Временно-избыточного увлажнения); 5. КППВ (тип увлажнения капиллярно-подвешенной и капиллярно-подперто-подвешенной влагой); 6. ПВП (тип полного весеннего промачивания); 7. УВП (тип умеренного весеннего промачивания); 8. СВП (тип слабого весеннего промачивания); 9. ОСВП (тип очень слабого весеннего промачивания) [2, 3].

Из данных, приведенных в таблицах, получены диапазоны изменения продуктивных влагозапасов по агрогидрологическим районам (рисунок 1а–г). Иллюстрации показывают, что содержание продуктивных влагозапасов в почве агрогидрологическим районам закономерно убывает от агрогидрологического района «Обводнение» к последующим. Это подтверждает ранее установленную закономерность для Смоленской области [4] о последовательной упорядоченности агрогидрологических районов по катене.

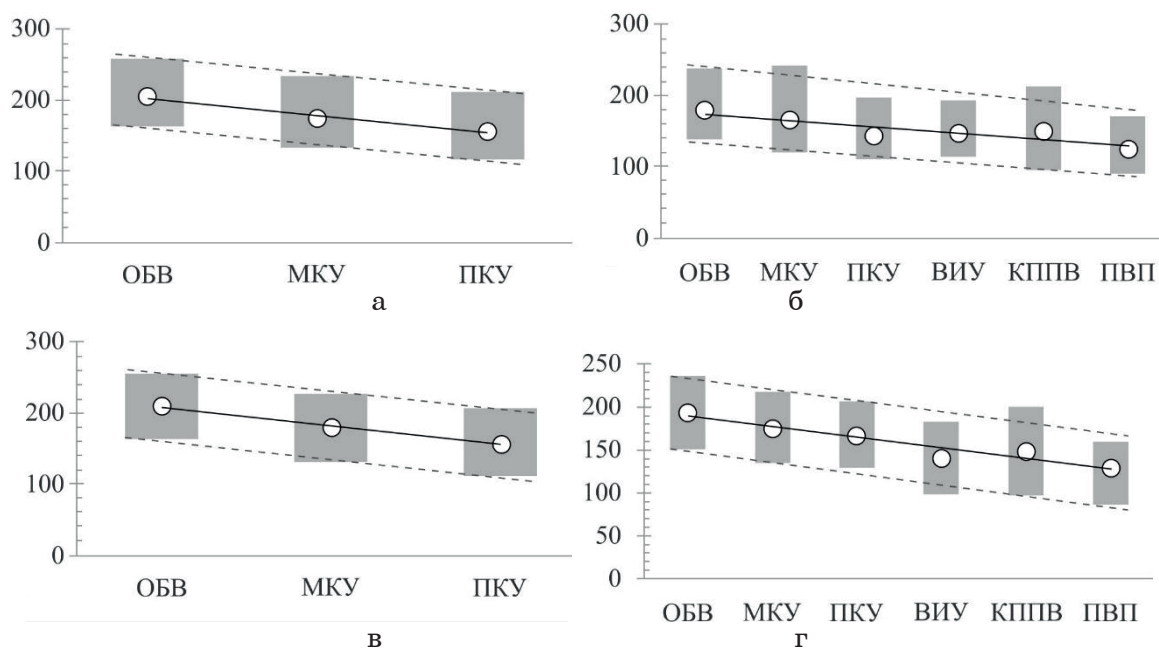


Рис. 1. Диапазоны изменения многолетних запасов продуктивной влаги (мм) в почве на конец декады: а, б – под озимыми зерновыми культурами по занятому пару и непаровым предшественникам; в, г – под ранними яровыми зерновыми культурами) с линиями тренда; а, в – для Псковской области; б, г – для Московской

Для более детального анализа пространственно-временного распределения продуктивных влагозапасов по

областям были построены карты агрогидрологического распределения продуктивных влагозапасов во времени (рис. 2а–г).

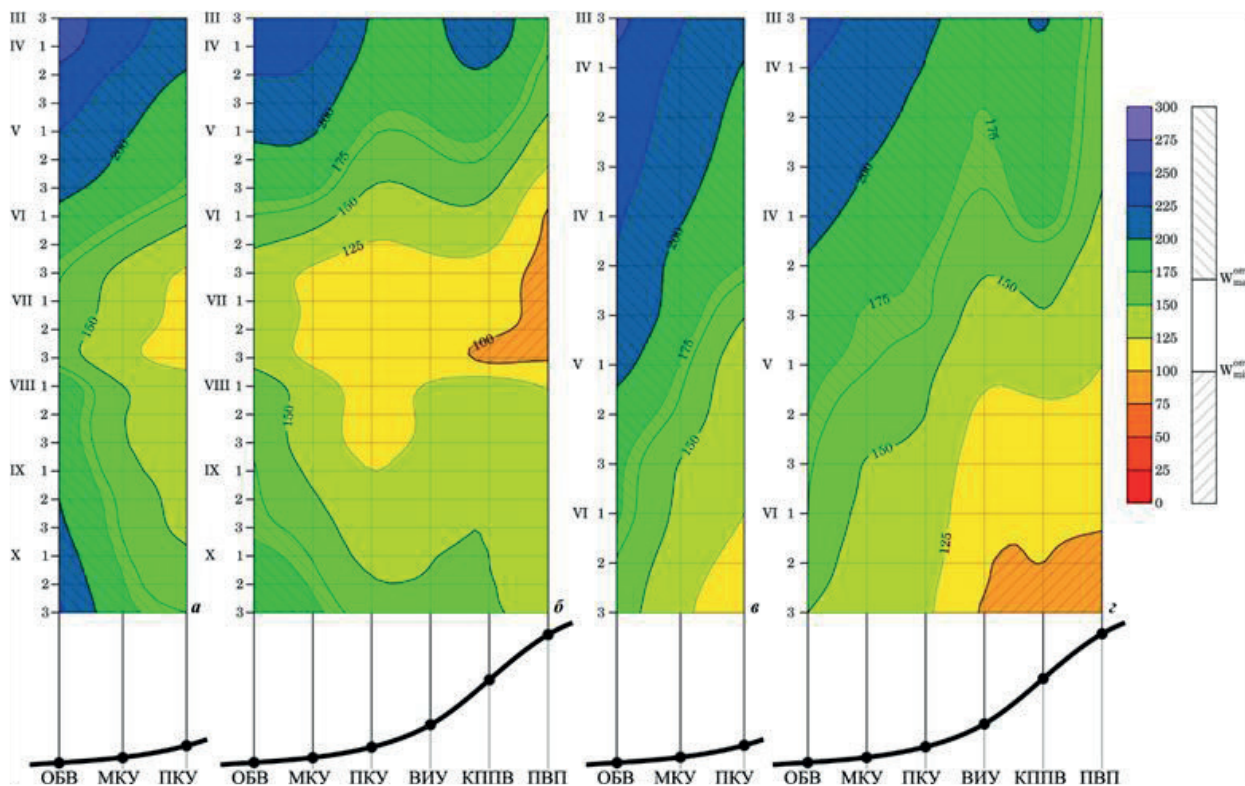


Рис. 2. Карты изменения многолетних запасов продуктивной влаги (мм) в почве на конец декады: а, б – под озимыми зерновыми культурами по занятому пару и непаровым предшественникам; в, г – под ранними яровыми зерновыми культурами; а, в – для Псковской области; б, г – для Московской (обозначения см. в табл. 1–2)

На этих картах по оси абсцисс расположены названия агрогидрологических районов, соответствующие определенным элементам ландшафтной катены [1].

По оси ординат – время в декадах. Изолинии продуктивных влагозапасов на картах показывают, как изменяется влажность во времени и пространстве под озимыми и яровыми культурами при различном сельскохозяйственном использовании. На рисунке 2а влажность на нижних элементах катены сначала закономерно уменьшается, а затем, к осени, растет. При рассмотрении не только нижних, но и более «высоких»

ландшафтных элементов (рис. 2б), пространство с невысокими влажностями увеличивается, особенно на верхних элементах рельефа (АГР – ПВП. КППВ. ВИУ). Минимальная влажность (диапазон 0...100 мм) наблюдается в агрогидрологических районах ПВП и КППВ в период с первой декады июня до третьей декады июля. На рисунках 2в и 2г картина аналогична, разница состоит в том, что шкала времени «укороченная» (яровые культуры). Проведенный анализ подтверждает эффективность ландшафтного подхода, предложенного А.И. Головановым и Ю.И. Сухаревым [5, 6].

Таблица 3

Соответствие агрогидрологических районов ландшафтным элементам

1. ОБВ	Грунтовый тип водного питания, нижний элемент ландшафта. Пойменные или супераквальные фации.
2. МКУ	Грунтовый тип водного питания, нижний элемент ландшафта. Пойменные или супераквальные фации.
3. ПКУ	Грунтово-склоновый тип водного питания, нижний элемент ландшафта. Супераквальные фации.
4. ВИУ	При нулевом уклоне - атмосферный тип водного питания, иначе - склоновый, средние элементы ландшафта. Трансаккумулятивные фации.
5. КППВ	При нулевом уклоне - атмосферный тип водного питания, иначе - склоновый, средние элементы ландшафта. Трансаккумулятивные или трансэлювиальные фации.
6. ПВП	При нулевом уклоне - атмосферный тип водного питания, иначе - склоновый, средние элементы ландшафта. Трансаккумулятивные или трансэлювиальные фации.
7. УВП	Атмосферный тип водного питания, верхние элементы ландшафта. Элювиальные или аккумулятивно-элювиальные фации.
8. СВП	Атмосферный тип водного питания. верхние элементы ландшафта. Элювиальные или аккумулятивно-элювиальные фации.
9. ОСВП	Атмосферный тип водного питания. верхние элементы ландшафта. Элювиальные или аккумулятивно-элювиальные фации.

Имея такие карты можно нанести на них оптимальные диапазоны для данной культуры и посмотреть на каких элементах рельефа будут создаваться наиболее благоприятные условия для роста и развития растений. В связи с «трехмерностью» карты, благоприятные условия можно районировать не только в пространстве, но и во времени.

Такая попытка продемонстрирована на рисунке 2. Справа от рисунка показаны две шкалы – градация влажности и оптимальный диапазон влажности для данной культуры ($W_{\min}^{\text{опт}} \dots W_{\max}^{\text{опт}}$). Нанеся изолинии оптимального диапазона на карты изменения влагозапасов, можно получить пространственно-временное представление зоны оптимальных условий в данном районе.

Оптимальный диапазон для яровой пшеницы (год 50 % обеспеченности) $W_{\min}^{\text{опт}} \dots W_{\max}^{\text{опт}} = 0,4 \dots 0,67$ ПВ.

Для средних, по механическому составу, грунтов оптимальный диапазон влажности можно принять равным $W_{\min}^{\text{опт}} \dots W_{\max}^{\text{опт}} = 100 \dots 168$ мм.

Нанеся этот диапазон на карту изменения влагозапасов по времени для различных элементов ландшафта, можно видеть, что оптимальные условия для выращивания пшеницы создаются в средних и высоких ландшафтных элементах (агрогидрологические районы – ПВП, КППВ, ВИУ).

На основании этой информации можно планировать размещение сельскохозяйственной культуры именно на том ландшафтном элементе, где продолжительность благоприятных условий будет максимальной. Вместе с тем, карта распределения влагозапасов во времени и в ландшафтном пространстве дает возможность определять периоды неоптимальных условий (почвенного переувлажнения или

засухи) и планировать возможные мелиоративные мероприятия.

Выводы

Закономерность расположения агрогидрологических районов по катене, установленные ранее, сохраняется в Псковской и Московской областях.

Содержание продуктивных влагозапасов в почве по агрогидрологическим районам закономерно уменьшается от агрогидрологического района «Обводнение» (ОВВ) к последующим.

Ландшафтно-картографический подход к визуализации больших данных, по содержанию влаги в почве, облегчает планирование (прогнозирование) размещения сельскохозяйственных культур с учетом ландшафтного фактора и водномелиоративных мероприятий.

Библиографический список

1. Шабанов В. В. Солошенко А. Д. Дифференциация типов увлажнения и типов водного питания почв по катене // Природообустройство. – 2016. – № 1. – С. 97–101.

2. Средние многолетние запасы продуктивной влаги под озимыми и ранними яровыми зерновыми культурами по областям, краям, республикам и экономическим районам: справочник, том 1: Европейская часть СССР. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1986. – С. 38–76.

3. Кельчевская Л. С. Влажность почв Европейской части СССР. – Ленинград:

Гидрометеоиздат, 1983.

4. Шабанов В. В. Солошенко А. Д. Взаимосвязь типов увлажнения ландшафтной катены // Проблемы управления водными и земельными ресурсами: материалы междунар. науч. форума. – М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2015. – С. 104–110.

5. Мелиорация земель: учебник / А. И. Голованов, И. П. Айдаров, М. С. Григоров [и др.]. – М.: КолосС, 2011. – 824 с.

Материал поступил в редакцию 15.04.2016.

Сведения об авторах

Шабанов Виталий Владимирович доктор технических наук, профессор кафедры «Мелиорация и рекультивация земель»; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44; e-mail: 515vvsh@gmail.com.

Солошенко Александр Дмитриевич, магистрант; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44; тел.: +7-916-429-91-13; e-mail: aleksandr_soloshenkov@mail.ru.

V. V. SHABANOV, A. D. SOLOSHENKOV

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

DIFFERENTIATION OF MOISTENING TYPES ON THE CATENA FOR THE RATIONAL PLACING OF AGRICULTURAL CROPS AND PLANNING OF RECLAMATION ACTIONS

Differentiation of soil types of water supply is necessary, in the first place to optimize agricultural production on the reclaimed land. Studying of the distribution of soil moisture in space and time allows adequately plan and implement control actions. The aim of the work is to confirm the universality of the space-time order of distribution of soil moisture on the catena, by the example of the Pskov and Moscow regions. The change in moisture content in the soil according to agro hydrological areas occurs in accordance with the earlier grounded principle. To confirm the earlier proposed by the authors' differentiation the data mapping is carried out of long-term reserves of productive moisture in the soil under spring and winter crops. Based on the experimental data the established sequences of placing agro hydrological areas and types of water supply on the catena are confirmed. It is shown that the mapping approach to visualization of great data on the content of moisture in the soil facilitates planning (forecasting) of placement agricultural crops on different elements of the landscape. There is made a conclusion that regularity of placing agro hydrological regions on catena established earlier continues to be in the Pskov and Moscow regions. The content of

productive water stocks on the soil on agro hydraulic regions is naturally decreased from the agro hydrological region «Obvodnenie» (OBV) to the next ones. Based on this information it is possible to plan placing of agricultural crops exactly on the same landscape element where the duration of favorable conditions will be maximal. However, the map of moisture distribution in time and landscape space allows determining periods of non-optimal conditions (soil over wetting or drought) and planning possible land reclamation activities.

Differentiation of types of water feeding, substantiation of the necessity of land reclamation, agro hydrological regions and their characteristics, productive moisture reserves, landscape catena, regularity of changing of moisture reserves on the catena, optimal crops distribution in the landscape, the Pskov region, the Moscow region.

References

1. **Shabanov V. V., Soloshenkov A. D.** Differentsiatsiya tipov uvlazhneniyai tipov vodnogo pitaniya pochv po katene / Prirodoobustroystvo. – 2016. – № 1. – S. 97–101.
2. Srednie mnogoletnie zapasy productivnoj vlagi pod ozimymi i rannimi yarovymi zernovymi culjturami po oblastyam, krayam, rspublikam i ekonomicheskim rajonam: spravochnik, Tom 1: Evropejskaya chastj SSSR. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1986. – S. 38–76.
3. **Keljchevskaya L. S.** Vlazhnostj pochv Evropejskoj chastj SSSR. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1983.
4. **Shabanov V. V., Soloshenkov A. D.** Vzaimosvyazj tipov uvlazhneniya landshaftnoj cateny // Problemy upravleniya vodnymi i zemeljnymi resursami: materialy mezhdunar. Nauch. foruma. –M.: Izdatel'stvo RGAU-MSHA, 2015. – S. 104–110.

5. Melioratsiya zemelj: uchebnik / A. I. Golovanov, I. P. Aidarov, M. S. Frigorov [and others.]. – M.: KolosS, 2011. – 824 s.

Received on 15.04.2016.

Information about the authors

Shabanov Vitalij Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor of the chair «Lands reclamation and recultivation»; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University»; 127550, Moscow, ul. Boljshaya Akademicheskaya, 44; e-mail: 515vvsh@gmail.com.

Soloshenkov Alexander Dmitrievich, undergraduate; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University»; 127550, Moscow, ul. Boljshaya Akademicheskaya, 44; tel.: +7-916-429-91-13; e-mail: aleksandr_soloshenkov@mail.ru.

УДК 502/504:631.43:631.67(075.8):633.49

А. В. ШУРАВИЛИН, А. А. ПОДДУБСКИЙФедеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов», г. Москва**Н. В. СУРИКОВА**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва

ПРОГНОЗ ПРОДУКТИВНЫХ ЗАПАСОВ ВЛАГИ В ПОЧВЕ И ОТНОСИТЕЛЬНОЙ УРОЖАЙНОСТИ КАРТОФЕЛЯ ДЛЯ УСЛОВИЙ ГОРОДА МОСКВЫ И ПРИГОРОДА

Регулирование водного режима почвы для получения плановых урожаев сельскохозяйственных культур основывается на определении продуктивных запасов влаги в расчетном слое почвы. Наиболее надежно установить влагозапасы можно с помощью опытных статистических рядов, которые следует рассматривать как реализацию теоретического распределения, но многолетних надежных наблюдений за влагозапасами в почве практически не существует. Предложена методика использования многолетних метеонаблюдений для прогноза продуктивных запасов влаги в почве и относительной урожайности сельскохозяйственных культур на примере картофеля. В статье приводятся материалы расчетов продуктивных влагозапасов в дерново-подзолистой суглинистой почве за период 47 лет (1966–2012 гг.) наблюдений метеостанции ВДНХ и оценены вероятности появления условий оптимальных, засушливых и избыточного увлажнения по декадам, фазам развития и в целом за вегетацию на примере картофеля, а также вероятностных оценок ожидаемой относительной урожайности картофеля в зависимости от влагозапасов и температур. Использовано балансовое уравнение с эмпирическими коэффициентами по данным В. В. Шабанова. В целом за вегетационный период картофеля вероятность оптимального диапазона влагозапасов 70...90 мм составила 33 %, диапазона 50...70 мм – 39 %, 90...110 мм – 52 %. В г. Москве и пригороде на дерново-подзолистых почвах вероятность необходимости орошения картофеля составила 21 %, осушения – 6 %, вероятность оптимального уровня продуктивных запасов влаги под картофелем составила 73 %. Оптимальные температуры воздуха за вегетационный период для получения высокой относительной продуктивности картофеля находились в диапазоне 16,2...21,0 °С.

Москва и пригород, картофель, влагозапасы почвы, температуры воздуха, относительная урожайность картофеля.

Введение. Регулирование водного режима почвы для получения плановых урожаев сельскохозяйственных культур основывается на определении продуктивных запасов влаги в расчетном слое почвы. Наиболее надежно установить влагозапасы можно с помощью опытных статистических рядов, которые следует рассматривать как реализацию теоретического распределения, однако многолетних надежных наблюдений за влагозапасами в почве практически нет. Проблеме определения продуктивных влагозапасов в почве посвящено много исследований [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Перспективным методом прогнозирования продуктивных влагозапасов в почве являются балансовые расчеты на основе статистической обработки многолетних ретроспективных рядов метеоданных.

Материалы и методы исследований.

Нами проведены расчеты продуктивных влагозапасов в слое 0,5 м дерново-подзолистой суглинистой почвы за 47-летний период (1966–2012 гг.) наблюдений на метеостанции ВДНХ по декадам вегетационного периода картофеля. Использовано балансовое уравнение с эмпирическими коэффициентами по данным В. В. Шабанова [7].

Продолжительность вегетационного периода картофеля принималась 12 декад с 11 мая. Сроки прохождения фаз развития картофеля по средним многолетним данным для условий Московской области: формирование всходов 2 декада мая – 1 декада июня; образование боковых побегов 2 декада июня – 1 декада июля; образование соцветий 2 декада июля; цветение

(до увядания ботвы) 3 декада июля – 1 декада сентября. На начало вегетации картофеля влагозапасы определялись с учетом высоты снежного покрова, продолжительности таяния, коэффициента насыщения почвы влагой и периода до начала посадки.

Для полученных результатов расчета продуктивных влагозапасов проведена статистическая обработка матричным методом по каждой декаде вегетационного периода, что позволило определить законы распределения их изменения во времени. Получены матрицы переходных вероятностей продуктивных влагозапасов по декадам, фазам развития и за вегетационный период картофеля. За оптимальный уровень продуктивных влагозапасов принят 0,62 ПВ (80,6 мм), наличие острого дефицита влаги фиксировалось при 0,52 ПВ (62 мм), а избыточное увлажнение – при 0,74 ПВ (96 мм) [8].

Результаты исследований. Матрицы переходных вероятностей продуктивных запасов влаги в почве в фазу формирования всходов показали, что область изменения в диапазоне оптимальных показателей (70...90 мм) наблюдается в 17 % случаев, в диапазоне 90...110 мм – 83 %, избыточные запасы продуктивной влаги в диапазоне 110...130 мм – 30 %.

В фазу формирования боковых

побегов оптимальный запас продуктивной влаги наблюдался в 53 % случаев, диапазон 50...70 мм наблюдался в 47 %, вероятности избытка и дефицита продуктивной влаги несутся.

В фазу формирования соцветий острый дефицит продуктивной влаги отмечался в 12,5 % случаев, а избыточных продуктивных влагозапасов – в 17,4 %, вероятность величины продуктивных влагозапасов 50...70 мм составила 50 %.

В фазу цветения оптимальный запас продуктивной влаги 70...90 мм наблюдался в 17 % случаев. Вероятность продуктивной влаги в почве менее 50 мм может достигать 35 %, а более 110 мм не превышает 5 %.

В целом за вегетационный период вероятность оптимальных запасов продуктивной влаги в диапазоне 70...90 мм составляет 26 %. Запас продуктивной влаги в почве в пределах 50...70 мм может наблюдаться с вероятностью 26 %, диапазон 90...110 мм – до 29 %. Избыточное количество продуктивной влаги более 110 мм может появляться с вероятностью 4 %. Вероятность дефицита продуктивной влаги составляет 17 %. Кривые распределения продуктивных запасов влаги в слое почвы 0,5 м при возделывании картофеля по фазам развития и в целом за вегетационный период приведены на рисунке 1.

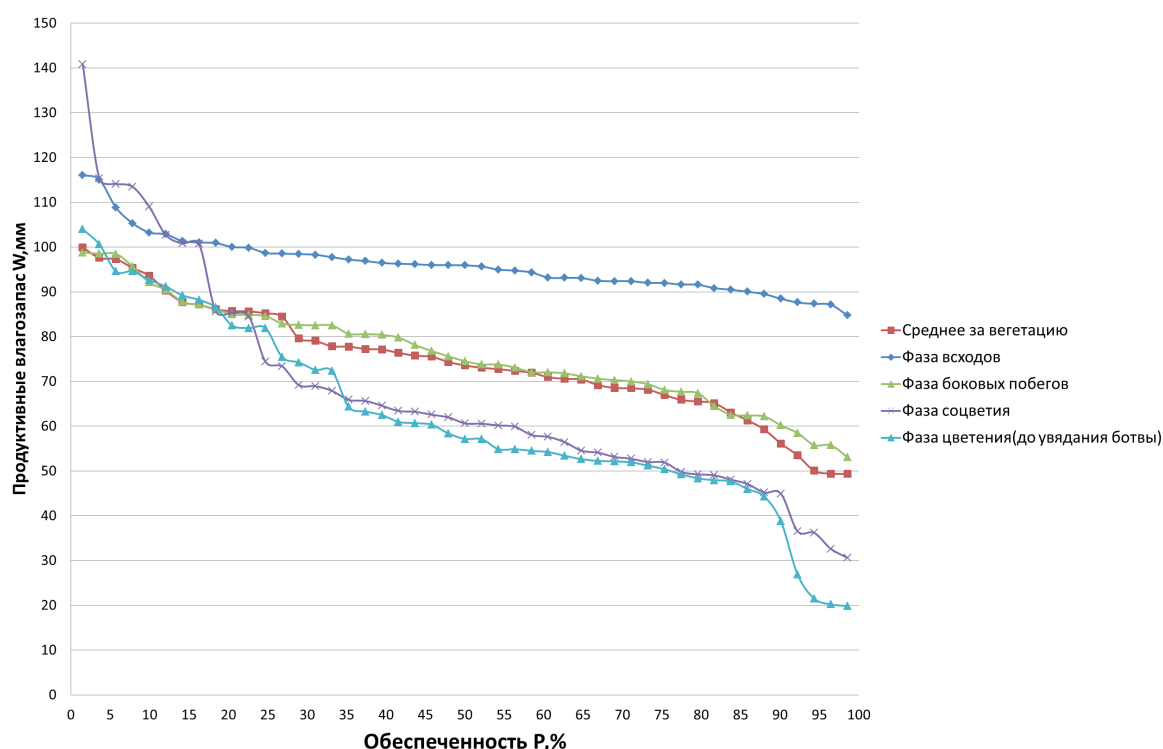


Рис. 1. Обеспеченность продуктивных запасов влаги в слое почвы 0,5 м при возделывании картофеля

Для оценки необходимости водных мелиораций с целью регулирования влажности почвы в оптимальных пределах строится график плотности распределения продуктивных влагозапасов. При его построении ряды продуктивных влагозапасов разбивали с интервалом 5...10 мм

и определяли частоты повторений их значений в каждом интервале. Графики плотности статистического и теоретического распределения запасов продуктивной влаги по фазам развития и в целом за вегетационный период картофеля приведены на рисунке 2.

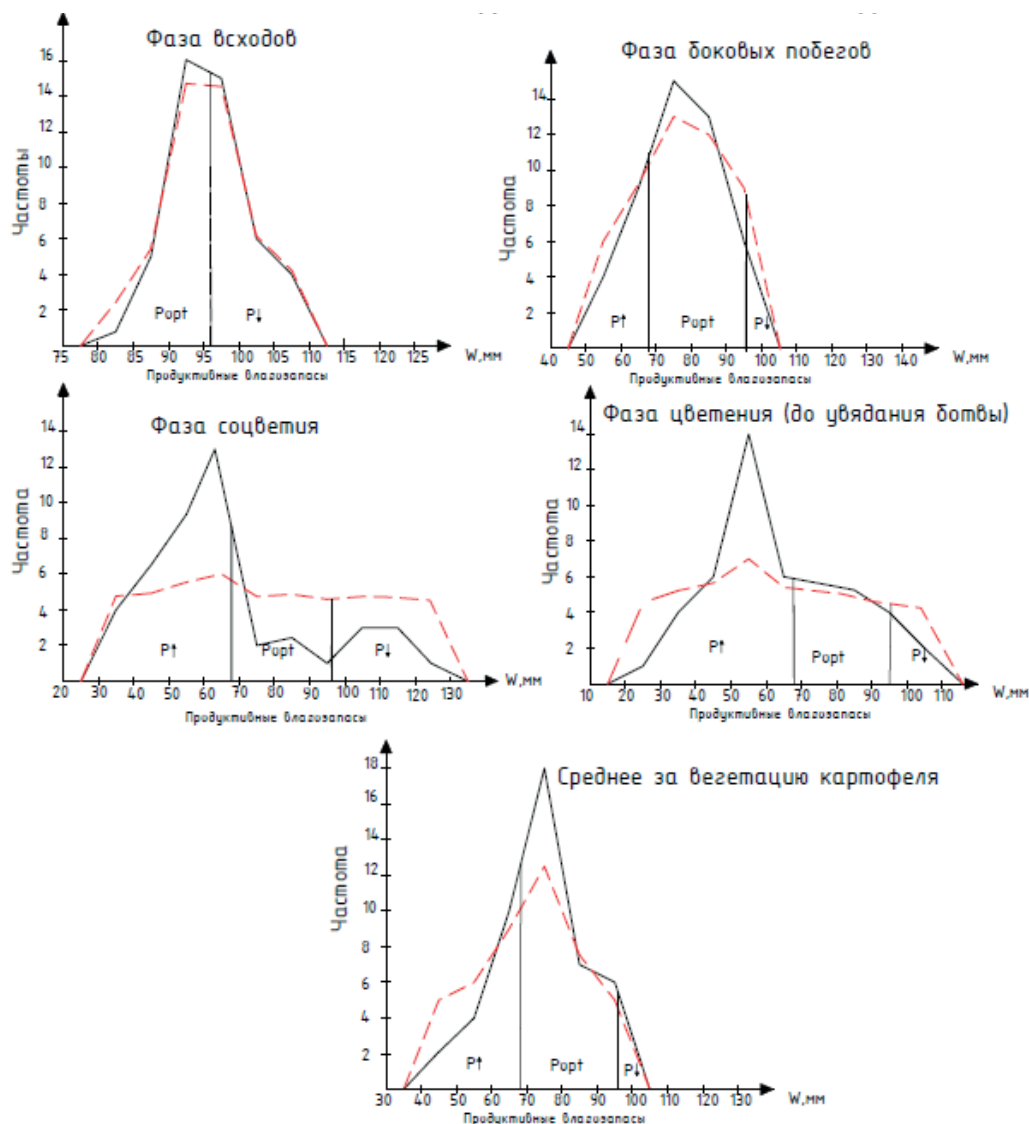


Рис. 2. Графики плотности распределения продуктивных влагозапасов при возделывании картофеля: — и - - - статистическая и теоретическая граница зон увлажнения; $P\uparrow$ – недостаточная (необходимость орошения) влажность почвы; P_{opt} – оптимальная влажность почвы; $P\downarrow$ – избыточная (необходимость осушения) влажность почвы

Теоретическую кривую (или кривую нормального распределения) строили с использованием формулы:

$$Y = \frac{N}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-x^2}{2\sigma^2}},$$

где Y – ордината кривой; N – объем совокупности; σ – среднее квадратическое отклонение; x – отклонение от средней арифметической; e – основание натуральных логарифмов.

Для оценки нормальности статисти-

ческого распределения использовали λ критерий А. Н. Колмогорова, основанный на оценке наибольшей разности между накопленными частотами статистического и теоретического распределения:

$$\lambda = \frac{|D|}{\sqrt{N}},$$

где $|D|$ – максимальная абсолютная разность между накопленными частотами эмпирического и теоретического распределения.

Статистическое распределение признается несущественно отклоняющимся от нормального при $\lambda < 1,36...1,63$. Критерий А. Н. Колмогорова λ определялся для каждой фазы развития и в целом за вегетационный период картофеля. Расчеты показали, что в фазы всходов, образования боковых побегов, цветения (до увядания ботвы) и в целом за вегетационный период статистическое распределение продуктивных влагозапасов является нормальным (величина λ соответственно составила 0,23; 0,32; 0,64; 0,74). Только в фазу соцветия (2 декада июля) плотность статистического распределения существенно отличалась от теоретического ($\lambda = 1,87$). Это обусловлено тем, что вторая декада июля характеризуется высокой сухостью почвы при малом количестве продуктивных влагозапасов.

Вероятности необходимости регулирования продуктивных запасов влаги в почве определялись как площади под кривой распределения, ограниченные верхним и нижним пределами диапазона оптимальной влажности почвы (таблица).

Вероятность необходимости увлажнения и осушения по площадям (зонам) при статистическом и теоретическом распределении продуктивных влагозапасов

Вероятность распределения продуктивных влагозапасов по степени увлажнения	Площади (зоны) при нормальном распределении	Площади (зоны) при статистическом распределении	Разница	
			доли	проценты
Фаза всходов				
Оптимальное (Port)	0,24	0,2	0,04	4
Избыточное (P↓w)	0,76	0,8	-0,04	4
Недостаточное(P↑w)				
Фаза боковых побегов				
Оптимальное (Port)	0,64	0,69	-0,05	5
Избыточное (P↓w)	0,08	0,06	0,02	2
Недостаточное(P↑w)	0,28	0,25	0,03	3
Фаза соцветия				
Оптимальное (Port)	0,28	0,17	0,11	11
Избыточное (P↓w)	0,31	0,16	0,15	15
Недостаточное(P↑w)	0,41	0,67	-0,26	26
Фаза цветения				
Оптимальное (Port)	0,2	0,21	-0,01	1
Избыточное (P↓w)	0,21	0,17	0,04	4
Недостаточное(P↑w)	0,59	0,62	-0,03	3
Среднее за вегетацию				
Оптимальное (Port)	0,6	0,69	-0,09	9
Избыточное (P↓w)	0,18	0,19	-0,01	1
Недостаточное(P↑w)	0,22	0,12	0,1	10

Из полученных данных следует, что площади при нормальном и статистическом распределении близки. В фазу всходов площадь (зона) вероятности оптимальных продуктивных влагозапасов

составляла 0,24 при нормальном распределении и 0,20 при статистическом, разница составляла 4 %, а площади, подлежащие осушению, составили 0,76 и 0,8 соответственно при нормальном и статистическом распределении при разнице 4 %.

В фазу образования боковых побегов площади с вероятностью оптимальных продуктивных влагозапасов составляли 0,64 с осушением 0,08 и орошением 0,28 при нормальном распределении, а при статистическом распределении соответственно 0,69; 0,06 и 0,25, при этом разница в площадях при нормальном и статистическом распределении не превышала 5 %. Иная картина в распределении площадей по зонам отмечалась в фазу соцветия. Здесь при статистическом распределении площадь с вероятностью оптимальных продуктивных влагозапасов составила 0,17, с избыточным увлажнением 0,16, с недостаточным увлажнением 0,67.

При нормальном распределении вероятность продуктивных влагозапасов при оптимальном и недостаточном увлажнении увеличилась по сравнению со статистическим распределением до 0,28 и 0,31, а с недостаточным увлажнением уменьшилась до 0,4. Разница между площадями при статистическом и теоретическом распределении была существенной, вероятность потребности в орошении при нормальном распределении снизилась на 26 %.

В фазу цветения площади при статистическом распределении составили 0,21; 0,17 и 0,62 соответственно для зон оптимального, избыточного и недостаточного увлажнения и отличались на 1...4 % от площадей, полученных при нормальном распределении.

В среднем за вегетацию картофеля площади при нормальном распределении составляли 0,6; 0,18 и 0,22 соответственно с оптимальными влагозапасами, зонами осушения и орошения, а при статистическом распределении эти показатели изменились соответственно до 0,69; 0,19 и 0,12. Для различных зон разница в площадях при статистическом и нормальном распределении варьировала в пределах от 1 до 10 %.

Следовательно, полученные данные показывают, что разница в площадях продуктивных влагозапасов при нормальном и статистическом распределении не превышает 10 % для фаз всходов, образования боковых побегов, цветения и в целом за вегетацию. В то же время в фазу соцветия площади при статистическом и нормальном распределениях

существенно изменялись по зонам от 11 до 26 %. Анализ результатов плотности распределения продуктивных запасов в почве свидетельствует о том, что в фазу всходов возникает необходимость только в проведении осушительных мелиораций. В фазы соцветия и цветения преимущественно преобладает орошение над осушением. В фазу боковых побегов и в целом за вегетационный период выделяются зоны вероятности орошения и осушения наряду с наличием оптимального диапазона продуктивной влаги. Таким образом, возделывание картофеля без проведения водных мелиораций во всех фазах развития с большой вероятностью приведет к снижению продуктивности картофеля.

Анализ площадей при статистическом анализе продуктивных запасов влаги в почве за вегетационный период картофеля показывают, что в рассматриваемых условиях при возделывании картофеля на дерново-подзолистых почвах вероятность потребности осушения составляет 19 %,

необходимости оросительных мелиораций 12 %, вероятность оптимальных продуктивных запасов влаги в почве составляет 69 %. При нормальном распределении эти показатели соответственно составили 18, 22 и 60 %.

Оценка зависимости относительной урожайности картофеля от агроклиматических ресурсов центра Московской области проведена нами с помощью биоклиматического метода В. В. Шабанова [7] по почвенным влагозапасам за каждую декаду, по фазам развития (рис. 3) и в целом за вегетационный период. В фазу всходов диапазон оптимальной продуктивной влаги находится в пределах от 75...80 до 110...115 мм. В последующие декады пределы оптимальной продуктивной влаги в почве изменяются от 38...48 до 77...84 мм. За вегетационный период оптимальный диапазон регулирования продуктивных влагозапасов находится в пределах от 64 до 98 мм (при оптимальном значении 80,6 мм).

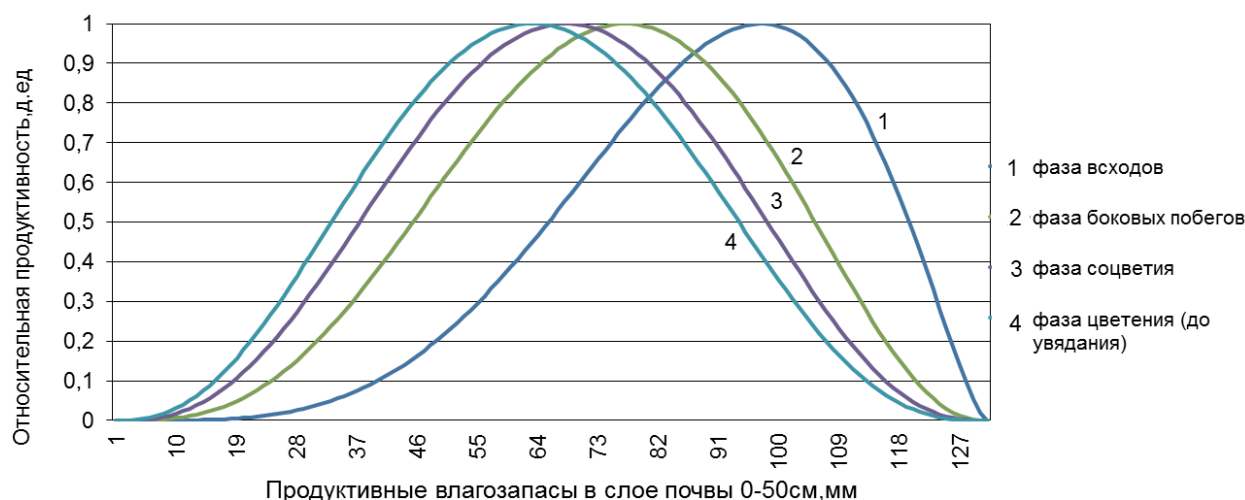


Рис. 3. Зависимость относительной урожайности картофеля от продуктивных влагозапасов почвы по фазам развития картофеля

По интегральной кривой распределения продуктивных влагозапасов в слое почвы 0...50 см в среднем за вегетационный период вероятность необходимости орошения составила 0,21, а вероятность осушения – 0,06.

Вероятности необходимости орошения и осушения, кроме второй декады июля, можно рассчитать по формулам [7]:

$$P_{ор} = \Phi^* \left(\frac{W' - W_{ср}}{\sigma_w} \right); \quad P_{осу} = 1 - \Phi^* \left(\frac{W'' - W_{ср}}{\sigma_w} \right).$$

Вероятность наступления оптималь-

ных условий можно определить [7]:

$$P_w = \left[\Phi^* \left(\frac{W'' - W_{ср}}{\sigma_w} \right) - \Phi^* \left(\frac{W' - W_{ср}}{\sigma_w} \right) \right].$$

По 47-летним метеонаблюдениям также построена и проанализирована функция зависимости продуктивности растений картофеля от температуры воздуха по уравнению:

$$S_t = \left(\frac{\theta}{\theta_{оп} U} \right)^{\gamma_t \theta_{оп}} \left(\frac{1 - \theta}{1 - \theta_{оп}} \right)^{\gamma_t (1 - \theta_{оп})},$$

где S_t — относительная продуктивность;

θ – относительная температура; γ_t – коэффициент саморегуляции растений в температурных условиях; t_{opt} – оптимальное значение температуры;

$$\theta = \frac{t - t_{min}}{t_{max} - t_{min}}; \theta = \frac{t_{opt} - t_{min}}{t_{max} - t_{min}}.$$

Для построения зависимостей относительной продуктивности растений картофеля от температур воздуха были использованы значения параметров $t_{min} = 6,3$ °C, $t_{opt} = 18,8$ °C, $t_{max} = 24$ °C, $\gamma_t = 0,62$. При уровне плановой продуктивности $S_{пл} = 0,8$ определялся диапазон регулирования температуры воздуха в течение вегетационного периода и по фазам развития картофеля (рис. 4). Установлено, что

распределение температуры воздуха в течение вегетационного периода картофеля подчиняется закону нормального распределения. Нижний диапазон оптимальной температуры воздуха находится в пределах 15,1...15,9 °C. Максимальные значения оптимальной температуры воздуха находятся в диапазоне 19,2...20,8 °C (19,2 °C – фаза всходов; 19,7 °C – фаза цветения; 20,1 °C – фаза боковых побегов; 20,8 °C – фаза соцветия). В среднем за вегетационный период картофеля при уровне плановой продуктивности 0,8 оптимальные температуры воздуха за вегетационный период находятся в диапазоне от 16,2 до 21,0 °C.

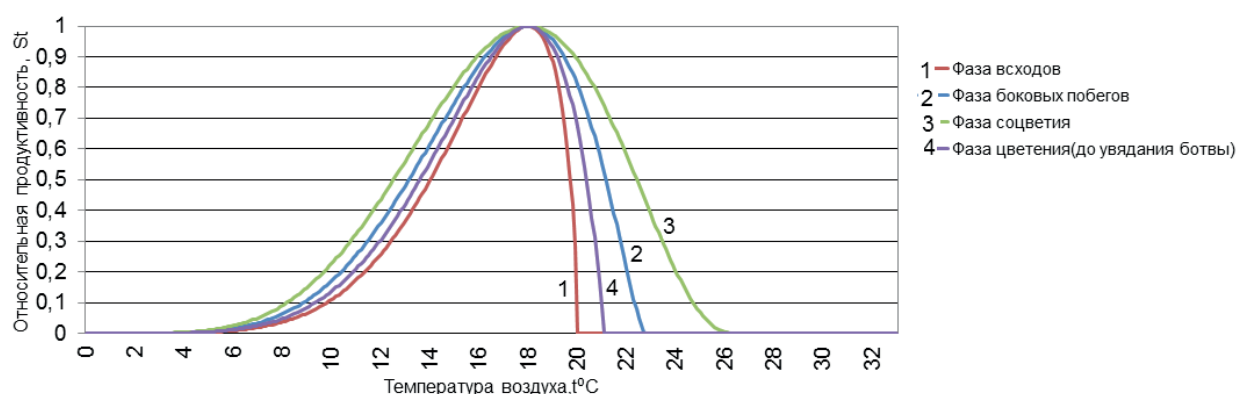


Рис. 4. Зависимость относительной продуктивности от температуры воздуха по фазам развития картофеля

Выводы

Продуктивные запасы влаги в слое почвы 0...50 см под картофелем, просчитанные по декадам вегетации за многолетний период 47 лет (1966–2012 гг.) по уравнению водного баланса, на начало вегетационного периода составляют 92...118 мм, диапазон допустимых влагозапасов 62...96 мм.

Статистическая обработка рядов продуктивных влагозапасов матричным методом позволила определить законы распределения и изменение запасов влаги во времени. В целом за вегетационный период вероятность оптимального диапазона 70...90 мм составляет 33 %, пределов 50...70 мм – 39 %, а 90...110 мм – 52 %.

Плотность распределения величин продуктивных запасов влаги в почве показывает, что в фазу всходов возникает необходимость в проведении осушительных мелиораций. В фазы соцветия и цветения преобладает орошение. В фазу боковых побегов и в целом за вегетационный период в многолетнем ряду наблюдаются зоны с

оптимальным диапазоном продуктивной влаги, а также необходимостью орошения и осушения. Возделывание картофеля без проведения водных мелиораций во всех фазах развития с большой вероятностью приведет к снижению урожайности картофеля.

Интегрированная функция нормального распределения продуктивных влагозапасов за вегетационный период картофеля в условиях г. Москвы и пригорода на дерново-подзолистых почвах показывает, что вероятность необходимости орошения по относительной продуктивности согласно интегральной кривой распределения продуктивных влагозапасов составляет 21 %, осушения 6 %, оптимального уровня продуктивных запасов влаги под картофелем 73 %. По площадям при статистическом распределении зоны с вероятностью орошения составляют 12 %, осушения – 19 %, с оптимальными запасами продуктивной влаги – 69 %

Оптимальные температуры воздуха за вегетационный период для получения

высокой относительной продуктивности картофеля находятся в диапазоне 16,2...21,0 °С.

Библиографический список

1. Варчева С. Е. Метод расчета динамики влагозапасов почвы для системы круглогодичного агрометеорологического мониторинга // Известия Самарского научного центра РАН. – 2009. – Т. 11. – № 1(7). – С. 1642–1648.
2. Вериго С. А., Разумова Л. А. Почвенная влага и ее значение в сельском хозяйстве. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 289 с.
3. Давитая Ф. Ф. Прогноз обеспеченности теплом и некоторые проблемы сезонного развития природы. – М.: Гидрометеиздат, 1965. – 123 с.
4. Добрачев Ю. П. Теория и технология управления орошением на основе эколого-физиологических моделей: дис. ... д-ра техн. наук. – М., 1998. – 255 с.
5. Поддубский А. А. Оценка природной влагообеспеченности Московской области // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2015. – № 2. – С. 45–50.
6. Поддубский А. А., Шуравилин А. В. Прогноз урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от природной влагообеспеченности в условиях Московской области // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2015. – № 2(23). – С. 15–17.
7. Шабанов В. В. Биоклиматическое обоснование мелиораций. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 165 с.
8. Шабанов В. В., Никольский Ю. Н.

Расчет проектной урожайности в зависимости от водного режима мелиорируемых земель // Гидротехника и мелиорация. – 1986. – № 9.

Материал поступил в редакцию 15.03.2016.

Сведения об авторах

Шуравилин Анатолий Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор агроинженерного департамента; Аграрно-технологический институт Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов»; 117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 8/2; тел.: 8(495)334-11-73.

Поддубский Антон Александрович, аспирант агроинженерного департамента; Аграрно-технологический институт Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов»; 117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 8/2; тел.: 8(926)816-21-56; e-mail: a.poddubsky@mail.ru.

Сурикова Наталья Вячеславовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Сельскохозяйственное строительство и архитектура» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Россия, Москва, ул. Прянишникова, 19; тел.: 8(499)976-01-16; e-mail: gushin1963@bk.ru.

A. V. SHURAVILIN, A. A. PODDUBSKY

The Federal state autonomous budget educational institution of higher education «The Russian University of Peoples' Friendship», Moscow

N. V. SURIKOVA

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

FORECAST OF MOISTURE PRODUCTIVE RESERVES IN SOIL AND RELATIVE POTATO PRODUCTION FOR THE CONDITIONS OF MOSCOW AND SUBURBS

Regulation of the soil water regime for obtaining planned yields of agricultural crops is based on determination of productive moisture reserves in the rated soil layer. It is possible to most reliably determine moisture reserves by means of experimental statistical series which should be considered as a realization of the theoretical distribution, however there are no practically long-term reliable observations for moisture stocks in soil. There is proposed a methodology of using long-term meteorological observations for the forecast of productive moisture reserves in the soil and relative productivity of agricultural crops

based on the example of potatoes. The article gives materials of calculations of productive moisture supplies in the sod-podzol loamy soil for the period of 47 years (1966–2012 years) of observations of the BDNH meteorological station and there are assessed probabilities of the appearance of conditions of optimal, arid and excessive moistening on the decades periods, phases of development and as a whole for the vegetation based on the example of potatoes, and also probabilistic estimations of the expected relative productivity of potatoes depending on moisture supplies and temperatures. The balance equation is used with empiric coefficients according to V. V. Shabanov's data. On the whole for the vegetation potato period the possibility of the optimal diapason of moisture reserves 70...90 mm was 33 %, diapason 50...70 mm – 39 %, 90...110 mm – 52 %. In Moscow and suburbs on the pod-podzol soils the probability of the necessity of potato irrigation was 21 %, drainage – 6 %, probability of the optimal level of productive moisture reserves under potato was 73 %. Optimal air temperatures for the vegetation period for receiving a high relative productivity of potato was in the range of 16.2...21.0 °C.

Moscow and suburbs, potato, moisture reserves of soil, temperature of air, relative productivity of potato.

References

1. Varcheva S. E. Metod rascheta dinamiki vlagozapasov pochvy dlya sistemy kruglogodichnogo agrometeorologicheskogo monitoringa // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN.* – 2009. – T. 11. – № 1(7). – S. 1642–1648.
2. Verigo S. A., Razumova L. A. Pochvennaya vlaga i ee znachenie v sel'skom hozyajstve. – L.: Gidrometeoizdat, 1963. – 289 s.
3. Davitaya F. F. Prognoz obespechennosti teplom i nekotorye problemy sezonnogo razvitiya prirody. Прогноз обеспеченности теплом и некоторые проблемы сезонного развития природы. – М.: Gidrometeoizdat, 1965. – 123 s.
4. Dobrachev Yu. P. Teoriya i tehnologiya upravleniya orosheniem na osnove ekologo-fiziologicheskikh modelej: dis....d-ra tehn. nauk. – М., 1998. – 255 s.
5. Poddubsky A. A. Otsenka prirodnoj vlagooobespechennosti Moscovskoj oblasti // *Vestnik Rossijskogo univesiteta družby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo.* – 2015. – № 2. – S. 45–50.
6. Poddubsky A. A., Shuravilin A. V. Prognoz urozhainosti sel'skohozyajstvennyh cul'tur v zavisimosti ot prirodnoj vlagooobespechennosti v usloviyah Moscovskoj oblasti // *Teoreticheskie i prikladnye problem agropromyshlennogo kompleksa.* – 2015. – № 2(23). – S. 15–17.
7. Shabanov V. V. Bioclimaticheskoye obosnovaniye melioratsij. – L.: Gidrometeoizdat, 1973. – 165 s.

8. Shabanov V. V., Nikoljsky Yu. N. Raschet projectnoj urozhainosti v zavisimosti ot vodnogo rezhima melioriruemyh zemelj // *Gidrotehnika i melioratsiya.* – 1986. – № 9.

Received on 15.03.2016.

Information about the authors

Shuravilin Anatolij Vasiljevich, doctor of agricultural sciences, professor of the agro engineering department; Agro-technological institute of The Federal state budget educational institution of higher education «The Russian university of Peoples' Friendship»; 117198, Russia, Moscow, ul. Miklukho-Maklaya, 8/2; Tel.: 8(495)334-11-73.

Poddubsky Anton Alexandrovich, post graduate student of the agro engineering department; Agro-technological institute of The Federal state budget educational institution of higher education «The Russian university of Peoples' Friendship»; 117198, Russia, Moscow, ul. Miklukho-Maklaya, 8/2; Tel.: 8(926)816-21-56; e-mail: a.poddubsky@mail.ru.

Surikova Natalja Vyacheslavovna, candidate of agricultural sciences, associate professor of the chair «Agricultural building and architecture» of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University»; 127550, Russia, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19; tel.: 8(499)976-01-16; e-mail: gushin1963@bk.ru.

УДК 502/504:712.03

М. И. ШЕВЛЯКОВАФедеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Уральский государственный лесотехнический университет», г. Екатеринбург**К ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЛАНДШАФТНОЙ
АРХИТЕКТУРЫ ПОСЕЛКА ИЛЬИНСКИЙ (ПЕРМСКИЙ КРАЙ)**

На рубеже 1980–1990 гг. на Среднем Урале возрождается интерес к архитектуре уральских заводских поселков, и те уже немногочисленные, но когда-то роскошные сады и парки, что сохранились после советских революций и войн, восстанавливают уже не как уникальные объекты, а как фрагменты градостроительной системы прошлого, композиционно сложившуюся часть и историю Пермской Губернии. Цель представленной работы состоит в обобщении исторических сведений, отражающих уровень садово-паркового искусства в одном из сохранившихся имений Строгановых – поселке Ильинский. Для этого были изучены материалы экспозиций и архивов Ильинского краеведческого музея, проанализирована научная литература, публицистические статьи из газет (за 1902–97 гг.), частноправовые акты, воспоминания современников. Парк и сады Ильинского были заложены выходцем из крепостных крестьян Александром Ефимовичем Теплоуховым. Закладку своей «зеленой лаборатории» Теплоухов со своими учениками начал уже в 1842 году. Результатом работ стал парк Кузьминка (6 га), созданный по всем канонам пейзажных парков. Еще одной собственностью А. Е. Теплоухова и его опытной площадкой являлся сад «Сказка» при доме-усадьбе Теплоуховых. На площади в 1 га в 60-х гг. XIX в. расположился «искуснейший» садик, с вводимыми в культуру интродуцентами (более 50 видов), яблонями, имелись так же теплица, беседка, пруд с водопадами, фонтан. В конце 70-х гг. Федором Александровичем был заложен на правом берегу реки Обвы «Английский» сад на площади чуть больше гектара. Сад решено было разбивать у дома конторы главного управляющего имениями Строгановых. Работы по реконструкции в лесопарке Кузьминка проводились в 1965–78 гг. При сравнении исторических материалов и предложенных в 1981 г. мероприятий по реконструкции можно судить, что идеи, заложенные в планировку садов и парка, системы полива и отвода воды были полностью утрачены, частично сохранились основные архитектурные элементы.

Поселок Ильинский, ООПТ «Кузьминка», реконструкция, восстановление исторического облика, сохранение культурного наследия, этические принципы реставрации, архивные данные.

Введение. История садово-паркового искусства в России может представить значительное число объектов историко-культурного наследия страны, являющихся живыми произведениями искусства объединенной работы великих архитекторов (Д. Трезини, Ф. Б. Растрелли, К. И. Росси, Д. Мартинелли, О. Монферрана), скульпторов (П. К. Клодта, А. Н. Воронихина) и садоводов (Ян Розена, И. Бистерфельда). Дворцы и парки столиц Российской Империи могли равняться с

классическими европейскими парками, а где и затмевать работы основоположников регулярных и пейзажных стилей в садово-парковом искусстве. Наряду с зеленым богатством Санкт-Петербурга, Москвы и прилегающих к ним областей, еще в XVIII в. глубинка Сибирских (Уральских) земель могла привести лишь исключительные примеры садов и парков при усадьбах заводчиков (ботанический сад Г. Демидова в Соликамском уезде, сады при усадьбах Строгановых, Лазаревых, Демидовых и

Всеволожских).

На рубеже 1980–90-х гг. на Среднем Урале возрождается интерес к архитектуре уральских заводских поселков [1], и те уже немногочисленные, но когда-то роскошные сады и парки, что сохранились после советских революций и войн, восстанавливают уже не как уникальные объекты, а как фрагменты градостроительной системы прошлого, композиционно сложившуюся часть и историю Пермской Губернии [2].

Так, по данным лесоустроительной экспедиции 1981 г. начались предпроектные работы по реконструкции заповедного лесопарка «Козьминка», расположенного на севере Уральского региона в поселке Ильинский (Пермский край). При закладке садово-парковых объектов (сер. XIX в.) в «столице» имения Строгановых в глубинку Пермской губернии не были приглашены европейские светила парковой архитектуры. Уникальные люди и идеи рождались среди крепостных крестьян, и ими же [3], что поощрялось в имениях Строгановых, воплощались в жизнь.

Цель работы – обобщение исторических сведений, отражающих уровень садово-паркового искусства в одном из сохранившихся имений Строгановых (поселке Ильинский).

Методика. Для этого были подняты и изучены материалы экспозиций и архивов Ильинского краеведческого музея [3, 4], проанализирована научная литература [1, 5], публицистические статьи из газет (1902–97 гг.), частноправовые акты, воспоминания современников.

Результаты. В результате исследований определены основные этапы развития садово-парковых объектов.

Парк и сады Ильинского были заложены выходцем из крепостных крестьян Александром Ефимовичем Теплоуховым, ученым-лесоводом, основавшим в Новгородской губернии «Школу земледелия, горных и лесных наук».

В 40-х гг. XIX в. в ставшем административном центром имения Строгановых селе Ильинском [6] управляющим назначается А. Ф. Теплоухов, к тому моменту уже получивший вольную за свой огромный вклад в развитие лесной науки [3]. Согласно найденной в архивах Ильинского краеведческого музея информации, закладку своей «зеленой лаборатории» Теплоухов со своими учениками начал уже в 1842 году.

Для этого была выделена площадь в 6 га в южных окраинах села, в Кузьминском логу, где началось строительство сада-питомника для изучения вопросов лесоводства. Результатом работ стал прекрасный парк, созданный по всем канонам пейзажных парков. В музее имеются документы разных лет, подтверждающие проведение на его территории опытных работ по изучению состояния насаждений, взаимодействия видов в разных почвенных и световых условиях. Картографические материалы и воспоминания очевидцев свидетельствуют о живописных солнечных цветущих полянах у входа, которые открывали вид на поросшие сосной пригорки; северный склон парка прорезали широкие аллеи, гармонично сочетались акации, ели, сосны, пихты. В конце парка взгляду редких посетителей представляли «широкие» кедровые и тенистые злаковые поляны. Южный склон, освещаемый солнцем, словно бы безыскусственная опушка леса – здесь не проектировались широкие тропы. Полуоткрытые ландшафты из лиственных пород с богатым подлеском должны были создавать ощущение полной подчиненности законам природы, нетронутой рукой человека. Вдоль ручья, берущего свое начало из источника у вершины лога, были запроектированы влаголюбивые растения, в том числе ивы, вызывавшие у А. Е. Теплоухова особый научный интерес. Ключ впадал в искусственный пруд, огороженный плотиной (рис. 1); южнее него, где склон круто поднимался вверх, «прячется в тени домик в швейцарском стиле» (рис. 2) – излюбленное место создателя [6]. От домика сетью извилистых дорожек тянутся к уединенным местам отдыха в парке маршруты с плавной сменой пейзажных картин: одни уводят к беседкам, другие – к травянистым островкам из лиственных и елей по периметру. По разным источникам парк насчитывал 400 (500) видов флоры Урала, богатая коллекция которых собрана Александром Ефимовичем [3, 4]. Еще одной собственностью А. Е. Теплоухова, его опытной площадкой, являлся сад «Сказка» при доме-усадьбе Теплоуховых (ныне – районная библиотека). На площади в 1 га в 60-х гг. XIX в. расположился «искуснейший» садик (рис. 3) с вводимыми в культуру интродуцентами (более 50 видов), яблонями, имелись так же теплица, беседка, пруд с водопадами, фонтан [3].

Участок пересекал широкий овраг, по дну которого протекал ручей, питающий пруд и, что можно вывести из записей Александра Ефимовича, используемый также в мелиоративных целях. Теплоуховым была заложена большая коллекция ив, данные по изучению их хозяйственной ценности и скрещиванию, позволили вывести новые межвидовые гибриды [7, 8].



Рис. 1. Кузьминка, плотина у пруда, 1910-1926 гг. (архив Ильинского районного краеведческого музея)



Рис. 2. Кузьминка, у швейцарского домика (архив Ильинского районного краеведческого музея)



Рис. 3. Хозяева и гости у фонтана в саду «Сказка» при доме Теплоуховых в 1905 г. (архив Ильинского районного краеведческого музея)

Многолетние опыты отца и сына Теплоуховых дали великолепный результат, на основании которых в конце 70-х гг. Федором Александровичем, основателем «лесной чертежной школы», был заложен совместно с учениками на западном берегу реки Обвы «Английский» сад на площади чуть больше гектара. Сад решено было разбивать у дома конторы главного управляющего именьями Строгановых (ныне – выставочный зал, филиал Ильинского районного краеведческого музея, рис. 4). После проведения земляных работ сад был огорожен, в центре была возведена беседка, от которой системой лучей разбегались дорожки. По периметру сада были высажены ели, вдоль дорожек были проложены аллеи из видов, строго чередующихся между собой. В саду были посажены также сосны, пихты, акации, березы, вязы, дубы, липы. Жители ухаживали за садом, который Федор Александрович передал в собственность селу. Сад со временем разросся, но не утратил своей задумки: декоративные кустарники и деревья пышно и обильно цвели (сирень, черемуха, шиповник, яблони сибирские), ели давали обильную тень, открытые лужайки в солнечные дни радовали глаз.



Рис. 4. «Английский» сад при доме главноуправляющего (архив Ильинского районного краеведческого музея)

В 50-х гг. XX в. началось строительство Камской ГЭС. Вырезки из местных газет сообщают, что пойменные земли реки Обвы, на которых располагался поселок Ильинский, были затоплены, вырублены кустарники и деревья по обоим берегам. По данным материалов реконструкции 1981 г. запущение парка Кузьминка началось еще с 1941 г., когда в связи с военным положением работы в парке (в то время: учебно-опытное хозяйство Пермского государственного университета) были прекращены. В это время была нарушена гидрологическая система участка, талые и дождевые воды скапливались в понижениях, аллеи парка использовались как дороги для движения гужевого транспорта, родники были уничтожены под земляными завалами и мусором. В советские годы жители поселка активно работали над сохранением парка. В архивах найдены документы с прошениями о проведении работ по реконструкции и восстановлению парка, направленные в Государственный университет г. Перми. Работы в лесопарке Кузьминка проводились в 1965–78 гг., в том числе уборка сухостоя, посадка подполовых лесных культур. В предложениях по реконструкции (1981) сформированы положения о переводе территории парка в заповедную зону и назначение охрannого режима, о восстановлении и сохранении заповедника в максимально близком к первоначальному виде, об организации посещения и создании прогулочных маршрутов в парке.

Выводы

При сравнении исторических материалов и предложенных в 1981 г. мероприятий по реконструкции можно судить, что идеи, заложенные в планировку садов и парка, системы полива и отвода воды были полностью утрачены, частично сохранились основные архитектурные элементы. Объекты ландшафтного искусства пришли естественными путями в запущение, стерлись очертания дорожек, заросли поляны и лужайки, достигли возраста естественной старости плодовые, декоративные деревья и кустарники. По данным проведенной в 2014 г. фотофиксации можно судить, что лишь малая часть из видового исторического ассортимента (в том числе коллекция интродуцентов) сохранилась до наших дней. Теплоуховыми были созданы уникальные по своему назначению самобытные объекты садово-паркового искусства, имеющие большое культурное значение, как для самого поселка, так и для всего Уральского региона. Полная реконструкция с восстановлением требуется не только парку Кузьминка, но и садам «Английский» и «Сказка», так как

они формируют композиционно сложившуюся часть и историю поселка Ильинский, а также являются уникальными объектами садово-паркового искусства Уральского региона.

Библиографический список

1. Лазарева М. Б. Дворянская усадьба на Среднем Урале (вторая половина XVIII – начало XIX в.): автореф. дис. ... канд. истор. наук. – Екатеринбург, 2006. – 19 с.
2. Козинец Л. А. Композиционная роль усадьбы Расторгуева-Харитоновой (ныне Дворец Пионеров) в системе застройки исторически сложившегося центра г. Свердловска // Вопросы теории и практики архитектурной композиции: сб. тр. – М.: МАРХИ, 1979. – № 10. – С. 27–30.
3. Истоки: сборник материалов по истории Ильинского района // Краеведческий альманах. – П. Ильинский, 1994. – С. 20–60.
4. Мероприятия по реконструкции заповедного лесопарка «Кузьминка» // Лесоустройство, 1981.
5. Неклюдов Е. Г. Уральские заводчики первой половины XIX века: владельцы и владения: автореф. дис. ... д-ра истор. наук. – Нижний Тагил, 2004.
6. Кузнецова О. Ф. Детище Теплоухова лесопарк «Кузьминка» // «Ильичане»: Портал о культуре Ильинского района (Электронный ресурс). – URL: http://ilinchane.ru/Article.aspx?id=3725&id_line=31 (Дата обращения: 30.03.2015 г.).
7. Козьминых Т. В. Коллекция гербария ученых-фондообразователей А. Е. Теплоухова, А. Ф. Теплоухова, П. В. Сюзева (из собрания Пермского областного краеведческого музея): каталог. – Пермь, 1992. – 175 с.
8. Овеснов С. А., Козьминых Т. В. Ботаническая характеристика ООПТ «Кузьминка» // Вестник Пермского университета: Биология. – 2013. – Вып. 1. – С. 23–27.
9. Максименко М. Ф. Изучение динамики ассортимента декоративных травянистых растений и ее значение при реставрации исторических парков России: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03. – Москва, 2012. – 156 с.

Материал поступил в редакцию 08.04.2016.

Сведения об авторе

Шевлякова Мария Игоревна, аспирантка; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный лесотехнический университет»; 620100, Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37; тел.: +7-912-252-09-18; e-mail: shevlyakovamaria@gmail.com.

M. I. SHEVLYAKOVA

The Federal state budget educational institution of higher vocational education
«The Ural state forestry engineering university», Yekaterinburg

TO THE HISTORY OF ESTABLISHMENT OF OBJECTS OF LANDSCAPE ARCHITECTURE OF THE VILLAGE ILJYNSKY (THE PERM TERRITORY)

On the boundary between the 1980s and 1990s on the Middle Urals there was a revival of interest to the architecture of Urals factory settlements and those few but once splendid gardens and parks that survived after soviet revolutions and wars are being restored as not unique objects but as fragments of an urban architectural system of the past, a composition formed part and history of the Perm Province. The purpose of this article is to summarize the historical data that shows the level of the landscape architecture in one of the remaining Stroganovs' estates – in the Ilyinsky settlement. For this purpose the author has studied materials of the Ilyinsky local museum exhibits and archives, analyzed the scientific literature, journalistic articles (for the period of 1902–1997), private law acts and memoirs of contemporaries. The construction of the Ilyinsky park and gardens was started by a serf peasant by birth Alexander Efimovich Teploukhov. Teploukhov and his apprentices began laying of his “green laboratory” in 1842. The result of this work was Kuzminka park (6 hectares) created by all the canons of landscape parks. Another property of A. E. Teploukhov and his experimental site was «Skazka» garden nearby the Teploukhovs' mansion house. On the area of 1 hectare in the 60s of XIX century there was an artful garden with exotic species (more than 50 items), apple trees, there were also a greenhouse, a summerhouse, a pond with waterfalls and a fountain. In the end of the 70-s Fyodor Teploukhov laid the «Angliisky» garden («English garden») on the right bank of the Obva river on the area of a slightly more than 1 hectare. It was decided to plant the garden near the office of the general manager of the Stroganovs' estates. Reconstruction works in the Kuzminka woodland park were fulfilled in 1965–1978. Comparing the historical data and the reconstruction actions proposed in 1981 we can judge that the ideas laid in the gardens and park arrangement, watering and drainage systems were completely lost, main architectural elements were partially preserved.

Ilyinskii settlement, specially protected natural territory «Kuzminka», reconstruction, restoration of historical appearance, preservation of cultural heritage, ethical principles of restoration, archive data.

References

1. Lazareva M. B. Dvoryanskaya usadba na Chednem Urale (vtoraya polovina XVIII – nachalo XIX v.): avtoref. dis. ... cand. Istor. Nauk. – Yekaterinburg, 2006. – 19 s.
2. Kozinets L. A. Compozitsionnaya rolj usadjby Rastorgueva-Kharitonova (nyne Dvoret Pionerov) v sisteme zastroiki istoricheskij slozhivshegosya tsentra g. Sverdlovsk // Voprosy teorii i praktiki arkhitekturnoj kompozitsii: sb. tr. – M: MARHI, 1979. – № 10. – S. 27–30.
3. Istoki: sbornik materialov po istorii Iljinskogo rajona // Kraevedchesky aljmanakh. – P. Iljinsky, 1994. – S. 20–60.
4. Meropriyatiya po rekonstruktsii zapovednogo lesoparka «Kozminka» // Lesoustrojstvo, 1981.
5. Neklyudov E. G. Uraljskiye zavodchiki pervoj poloviny XIX veka: vladeltsy i vladeniya: avtoref. dis. ... d-ra istor. nauk. – Nizhny Tagil, 2004.
6. Kuznetsova O. F. Detishche Teploukhova lesopark «Kuzminka» // «Iljichane»: Portal o kuljture Iljinskogo rajona (Elwectronny resurs). – URL: http://ilinchane.ru/Article.aspx?id=3725&id_line=31.
7. Kozjminykh T. V. Collectsiya gerbariya uchenykh-fondoobrazovatelej A. E. Teploukhova, A. F. Teploukhova, P. V. Syuzeva (iz sobraniya Permskogo oblastnogo kraevedcheskogo muzeya): catalog. – Perm, 1992. – 175 s.
8. Ovesnov S. A., Kozjminykh T. V. Botanicheskaya harakteristika OOPT «Kuzminka» // Vestnik Permskogo universiteta: Boiologiya. – 2013. – Vyp. 1. – S. 23–27.
9. Maximenko M. F. Izucheniye dinamiki assortimenta dekorativnykh travyanistykh rastenij i ee znachenije pri restavratsii istoricheskikh parkov Rossii: dis. ... cand. s-h nauk: 06.03.03. – Moskva, 2012. – 156 s.

Received on 08.04.2016.

Information about the author

Shevlyakova Maria Igorevna, post graduate student; The Federal state budget educational institution of higher vocational education «The Ural state forestry engineering university»; 620100, Yekaterinburg, ul. Siirsky trakt, 37; tel.: +7 912 252-09-18; e-mail: shevlyakovamaria@gmail.com.

УДК 502/504:639.3.05

А. В. ЖИГИН

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

П. В. ТЕРЕНТЬЕВ

Общество с ограниченной ответственностью «Рыбацкая деревня», г. Москва

ВЫБОР ВОДОЕМА ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ РЫБОВОДНО-РЫБОЛОВНОГО РЕКРЕАЦИОННОГО ХОЗЯЙСТВА

Для значительной части населения (особенно в относительно развитых странах) рыбалка служит способом проведения досуга и отдыха. По разным оценкам в России насчитывается от 10 до 30 млн человек, связанных с любительским и спортивным рыболовством. Промышленный промысел тугорослых и малоценных рыб во многих малых водоемах России не осуществляется, поскольку убыточен. Поэтому организация рыбоводно-рыболовных рекреационных хозяйств – важная и перспективная форма их рыбохозяйственного освоения. При выборе водоема для организации рыбоводно-рыболовных рекреационных хозяйств следует учитывать следующие основные его характеристики: площадь и глубина, площадь водосбора, величина донных отложений, уровень грунтовых вод, наличие инфраструктуры и коммуникаций, удаленность от потенциальных потребителей. Отмечается, что слой ила более 50 см отрицательно сказывается на жизни рыб в водоеме, используемом для рыбоводно-рыболовных рекреационных хозяйств. Но если глубина водоема при заиленности выше 50 см составляет 6 м и более, влияние иловых масс на гидрохимические условия значительно нивелируется. Для регулирования процесса зимовки в таких водоемах применяют артезианское водоснабжение и верхний водосброс переохлажденных (0,1...0,3 °C) слоев воды. Отмечается, что снижение температуры воды в придонных слоях ниже 4 °C, вызывает резкое ослабление иммунитета рыб. Суровые зимы севера и востока нашей страны способствуют образованию толстого слоя льда на водоемах, иногда до 1...1,5 м. При такой толщине льда водоем должен иметь глубины не менее 10...12 м, а средняя его глубина должна составлять от 5 до 7 м. Они оказывают существенное влияние на его оценку с точки зрения возможности организации рыбоводно-рыболовных рекреационных хозяйств. Правильная рыбохозяйственная оценка водоема позволяет в будущем избежать целого ряда технологических проблем, способных сделать весь проект экономически невыгодным.

Рыбоводно-рыболовное рекреационное хозяйство, выбор водоема, площадь и глубина, площадь водосбора, донные отложения, грунтовые воды, инфраструктура, зональные особенности.

Введение. Известно, что уловы во многих водоемах средней полосы России на 60...70 % и более состоят из тугорослых и малоценных рыб. Промышленный промысел на таких водоемах не осуществляется, поскольку убыточен. Между тем многочисленными исследованиями показано, что организация любительского рыболовства на внутренних водоемах в десятки раз выгоднее промысла [1]. Говоря

о создании рекреационных рыбоводно-рыболовных хозяйств (далее РРРХ), следует отметить, что являясь составной частью любительского и спортивного рыболовства, они имеют свои отличительные особенности, главная из которых – это регулярное зарыбление водоема товарной рыбой. Поэтому следует четко различать организацию спортивного любительского рыболовства на естественном водоеме, где

объектами добычи являются представители его естественной ихтиофауны и рыболовство на водоеме, зарыбляемом завозимой товарной рыбой[2]. В последнем случае имеем дело с организацией и функционированием такого рыбоводного хозяйства, в котором для выполнения основной задачи проводится целый ряд специфических рыбоводных мероприятий: зарыбление, поддержание заданной плотности посадки (часто с использованием поликультуры), поддерживающее кормление, контроль и регулирование параметров водной среды, мелиоративные и ветеринарно-санитарные профилактические мероприятия и т. д.

Сегодня бизнес, основанный на удовлетворении потребностей человека в качественном отдыхе на базе любительского рыболовства, переживает бурное развитие. Так только в Москве и Подмосковье в 2014 году по экспертным оценкам насчитывалось несколько сотен специально отведенных регулярно зарыбляемых прудов для платной рыбалки, при этом минимальный доход такого объекта составлял не менее 300 тыс. руб. в месяц. Таким образом, организация РРРХ можно считать важной и перспективной формой рыбохозяйственного освоения малых водоемов [1].

Одним из главных требований при создании РРРХ является круглогодичность эксплуатации. Если это требование не выполняется, возникают проблемы с приобретением постоянной клиентуры, а сезонность работы влияет не только на посещаемость, но и на скорость расширения клиентуры, увеличивает период выхода на планируемый уровень доходности. Каждый год требуется определенное время, что бы люди узнали о начале очередного рыболовного сезона в хозяйстве.

Создание нового водоема достаточно затратное мероприятие. Срок окупаемости этих вложений может составить не одно десятилетие. Поэтому, чаще всего, используют тот водоем, который имеется в наличии. Однако необходимо помнить, что не только мы выбираем водоем, на базе которого в дальнейшем планируем создать РРРХ, но и водоем диктует нам массу особенностей и задач для ведения бизнеса. При этом важную роль играют правильный подбор водоема и выбор направления рыбоводно-рыболовного его использования в зависимости от его характеристик: площади и глубины, площади водосбо-

ра, величины донных отложений, уровня грунтовых вод, наличия инфраструктуры и коммуникаций, удаленности от потенциальных посетителей. При этом важную роль играет и имиджевая составляющая: люди не будут ездить на рыбалку туда, где можно просидеть с удочкой весь день и ничего не поймать.

Материалы и методы исследований. В работе применены методы исследования, включающие анализ литературных источников, и обобщение опыта создания и 15-летней эксплуатации рыбоводно-рыболовного рекреационного хозяйства на базе интенсивно эксплуатируемого водоема на территории ВДНХ. Проведены анализ и систематизация различных основных характеристик водоемов и их влияние на возможность создания и эффективность эксплуатации рыбоводно-рыболовного рекреационного хозяйства.

Результаты исследований. *Площадь водоема* является одной из главных его характеристик. С чисто физической точки зрения площадь водоема напрямую связана с интенсивностью испарения воды. Водоемы, имеющие одинаковый объем, но разную площадь поверхности могут существенно различаться по количеству испаряемой воды. Чем больше площадь водоема (при условии равных объемов), тем сильнее воздействие солнечного излучения на его поверхность. При этом необходимо учитывать, что ветер, создающий волну, увеличивает поверхность воды в несколько раз и таким образом увеличивает ее испарение. Соответственно могут возрасти и затраты на водоснабжение. Кроме того этот фактор способен повлиять на гидрохимические показатели водоема, в частности на концентрацию растворенных солей, что в свою очередь отражается на развитии низших водорослей и общем содержании растворенных биогенных элементов.

Площадь водоема оказывает влияние на температуру воды, а также на скорость ее изменения. Водоемы с большой площадью и маленькой глубиной быстро прогреваются в конце весны и также быстро остывают в конце лета - начале осени. Дневная динамика температур в таких водоемах также подвержена значительным колебаниям. Различные виды рыб по-разному относятся к таким условиям содержания. Мелкие водоемы (глубина 1...1,5 м) наиболее

подходят для карповых видов рыб: карп, карась, буффало, толстолобики, белый и черный амур. Все они теплолюбивы и не требуют высокого содержания растворенного в воде кислорода. Из хищников в таких водоемах наиболее приемлем европейский сом и щука (при наличии коряг и высшей водной растительности).

Осетровые, не смотря на их выраженную теплолюбивость, обладают отрицательным фототаксисом и значительно лучше чувствуют себя в более глубоких водоемах. К тому же они требовательны к содержанию растворенного кислорода и активно питаются при его содержании не ниже 6...7 мг/л.

Зимовка любого вида рыб за исключением карася (обладает анаэробным дыханием) и ротана-головешки (обладает антифризными белками) в таком водоеме невозможна. Даже с учетом того, что лед будет стоять не продолжительное время (3-4 недели), в таких водоемах создается большой дефицит кислорода, а снижение температуры воды ниже 4 °С приводит к падению иммунитета у карповых рыб. Поэтому, если водоем обладает большой площадью и маленькой глубиной (менее 1,5...2,0 м), он может использоваться для организации РРРХ только в летний период с учетом зарыбления вышеуказанными видами теплолюбивых рыб. Но сезонность эксплуатации пруда снижает рентабельность хозяйства.

Наиболее пригодны водоемы площадью 1,5...3,5 га. При этом предпочтительна максимально протяженная, извилистая с мысами и заливами береговая линия, так как на ней достаточно комфортно может разместиться большее число посетителей. Площадь менее 1 га быстро облавливается рыбаками и требует частого зарыбления. Как показывает практика, часто любительское рыболовство на таком пруду убыточно [3].

Глубина водоема оказывает значительное влияние на возможность зарыбления его различными видами рыб. Чем глубже водоем, тем больше потенциальных возможностей для самоочистки его от продуктов жизнедеятельности рыб. В глубоких водоемах (4...15 м) в летний период возникает такое гидрологическое явление, как термоклин. Как правило, это происходит в водоемах со спокойной водой, таких как карьеры, пруды и озера. Явление

характеризуется значительной разностью температур в поверхностных и придонных слоях. Иногда эта разность достигает 20 °С. По чисто физическим причинам прогреваемый слой поверхностных вод не превышает двух метров, а температура в нем может доходить до 30 °С. Сразу под ним расположен слой прохладной воды с температурами от 12 до 15 °С. В самых глубоких местах (10...20 м) температура воды почти постоянна зимой и летом и не превышает 4 °С. Наличие таких температурных условий в водоеме создает возможность искусственного регулирования средней температуры воды и содержания растворенного кислорода. Стоит отметить, что его количество в воде связано с ее температурой обратно пропорциональной зависимостью. Зимовка рыбы в глубоких водоемах РРРХ абсолютно предсказуемый процесс, более того, рыбалка и отдых в зимний период не менее увлекательны, чем в летний.

Большая глубина придает водоему компактность при условии равных объемов, а это способствует оптимальной организации внутренней инфраструктуры РРРХ и улучшает возможности его охраны.

Но у большой глубины водоема есть и отрицательные для организации РРРХ стороны. Она может значительно осложнить его осушение, а в случае высокого уровня грунтовых вод, приводит к невозможности осуществления этого процесса. Осушение водоема может быть необходимо в период его исходной подготовки, а также после долгой и интенсивной эксплуатации. Однако при правильной эксплуатации процесс осушения может быть заменен альтернативными мероприятиями (удаление иловых отложений земснарядом, очистка водоема от мелкого частика подледным внесением аммиака).

Площадь водосбора водоема может быть как очень большой (для водоемов РРРХ) до десятков км², так и очень малой (слегка превышающей площадь самого водоема). В случае большой площади водосбора она оказывает существенное влияние на эксплуатацию водоема. Особенно это проявляется во время весеннего таяния снега, летних проливных, часто повторяющихся и осенних затяжных дождей. В эти периоды проточность в водоеме может резко и значительно увеличиться, приводя к помутнению

воды, ее загрязнению горюче-смазочными материалами, смывами с полей (удобрения, пестициды, гербициды) и другими отходами антропогенной деятельности. Кроме того возникает опасность разрушения гидротехнических сооружений, что приводит к нарушению общей целостности водоема и значительным потерям рыбы. Большая площадь водосбора должна обязательно учитываться при проектировании всех гидротехнических сооружений РРРХ, в частности она требует от проектировщиков их укрепления и создания обводных сбросных каналов. Такие мероприятия удорожают проектно-строительные работы.

Маленькая площадь водосбора встречается реже, но теоретически также возможна, при этом приходится предусматривать дополнительное водоснабжение, либо из близлежащего открытого источника (река, озеро, ручей), либо прибегать к помощи артезианского водоснабжения. В случае малой площади водосбора и низкого уровня грунтовых вод дополнительное водоснабжение водоема может быть очень осложнено или потребует значительных экономических затрат, поэтому выбор такого водоема для РРРХ нежелателен.

Низкий уровень грунтовых вод и песчаные грунты приводят к увеличению фильтрационных процессов. С одной стороны фильтрация воды через песчаные и суглинистые почвы может быть использована для активной очистки воды в водоеме, с другой – этот процесс требует постоянного притока. А если приток воды не самотечный, его обеспечение ведет к дополнительным затратам на закачивание воды и возможно ее предварительную очистку. Необходимо также помнить, что уровень грунтовых вод величина не постоянная. Она может сильно меняться по периодам года. Самый низкий уровень грунтовых вод наблюдается в августе и феврале. Поэтому для реальной оценки этой характеристики измерения следует проводить именно в эти месяцы.

Высокий уровень грунтовых вод также имеет свою отрицательную и положительную стороны. С одной стороны, в таких водоемах может наблюдаться заболачивание, что отрицательно сказывается на водоеме. С другой, если излишнее количество грунтовых вод своевременно отводится при помощи гидротехнических сооружений, то это способствует дополни-

тельной проточности и улучшает качество воды.

Сам по себе уровень грунтовых вод становится определяющим показателем при выборе водоема для организации РРРХ только в крайних случаях проявления. Но в совокупности с другими характеристиками он может значительно увеличивать свое влияние на результат выбора водоема.

Заиленность водоема – очень важная характеристика при его обследовании для организации РРРХ. Этот показатель в значительной степени связан с другим – глубиной водоема. Считается, что слой ила более 50 см отрицательно сказывается на жизни рыб в водоеме, используемом для РРРХ. Но если глубина водоема при заиленности выше 50 см составляет 6 м и более, влияние иловых масс на гидрохимические условия значительно нивелируется.

Основными видами рыб, участвующими в вовлечении органических и минеральных веществ ила в гидрохимические процессы, протекающие в водоеме, являются осетровые и крупные карповые, такие как сазан и его одомашненная форма – карп, а также лещ. Являясь бентофагами, они активно перекапывают слой ила, содержащие бентос и детрит. Осетровые делают это особенно активно, при этом они разрыхляют ил не только ротовым аппаратом, но и грудными плавниками, которые действуют в этом случае как лопата. При ихтиомассе осетра 400 кг/га за вегетационный сезон может быть вовлечен в гидрохимические процессы водоема слой ила до 10...12 см. Это может вызвать потребность в дополнительном окислении органики и существенном увеличении затрат на аэрацию. Даже если органика ила будет своевременно окислена, возникает дополнительная мутность воды, негативно влияющая на дыхательные процессы лососевых и сиговых рыб.

Существуют сапропелевые озера с толщиной ила до 17 м, обычно это лесные озера, через которые протекает мелкая речка. Использование таких озер для нужд РРРХ невозможно. Если слой ила не превышает 1 м, при подготовке такого водоема для нужд РРРХ его можно удалить, например, с помощью земснаряда.

При выяснении количества и характера иловых отложений в водоеме определяется также активность ила. При этом используется зачищенная свинцовая

пластина, которая в него погружается. В тех местах, где присутствуют окислительные процессы, пластина через некоторое время темнеет, а где деградация органического вещества завершена – она остается блестящей. Глубина слоя с высокой биологической активностью ила, указывает на его количество, образовавшееся за вегетационный сезон. Если слой верхнего активного ила превышает 10...15 см, значит в водоеме сильна степень зарастаемости высшими водными растениями, или существует приток органики извне (лесная река, смывы с полей и т. д.). Это надо учитывать при дальнейшей эксплуатации водоема.

Наличие хорошо развитой инфраструктуры (дороги, электроснабжение, водоснабжение и канализация) является важным условием активного посещения отдыхающими РРРХ. Крайне желательно при этом наличие вокруг водоема лесопарковой зоны. Водоемы, расположенные, что называется, в «чистом поле», как в прямом, так и в переносном смысле, менее привлекательны для посетителей.

Если водоем находится, как и любая торговая точка, в нужном месте, то это положительно сказывается на финансовом результате работы РРРХ. Конечно, он зависит и от того, насколько там удобно ловить рыбу, есть ли возможность отдохнуть, привезти семью.

Затраты на инфраструктуру (при условии ее полного отсутствия) могут значительно превысить затраты на обустройство самого водоема. Правда создание инфраструктуры может проводиться постепенно по мере становления и развития деятельности РРРХ. Таким образом, часть инфраструктурных затрат может не входить в проектную исходную стоимость объекта, а финансироваться из первоначальной прибыли.

Удаленность объекта от потребителя влияет не только на общую посещаемость, но и на график посещения, а также продолжительность пребывания посетителей. Это в свою очередь оказывает влияние на структуру услуг, которые могут быть оказаны в РРРХ. Сегодня у современного человека часто мало времени ездить куда-то на действительно дикую рыбалку и в этом случае близко расположенный водоем является решением возникающей проблемы. Ежедневно на один платный

пруд в Москве приходится в среднем до 150 рыболовов [4].

Вместе с тем существует категория посетителей, которым важно оторваться от «благ цивилизации». Удаленные от мегаполисов хозяйства так же имеют своих поклонников, однако они должны оказывать гостиничные услуги, потому, что посетители будут приезжать туда на несколько выходных или отпускных дней.

При создании РРРХ необходимо также помнить о существовании *зональных особенностей*. Так, например, в предгорных районах можно создавать водоемы для РРРХ путем отведения воды из горных рек, текущих с ледников. Поскольку температура воды в таких речках редко поднимается выше 10 °С, в пруду возникает проблема поддержания нужной температуры воды в летний период. Это достигается увеличением площади водоема и системой регулирования проточности (задвижка или шандоры) в целях лучшего его прогрева. Однако уменьшение проточности и соответствующий подъем температуры воды могут привести к нарушению кислородного режима (содержание растворенного кислорода в воде не должно быть ниже 5 мг/л). Поэтому температура воды в водоемах, питаемых ледниковой водой, не всегда позволяет зарыблять их карповыми и сомовыми рыбами. Это возможно лишь при условии, если в летний период удастся поддерживать температуру воды не ниже 17 °С, не нарушая кислородный режим. Вторая серьезная гидротехническая проблема – создание системы защиты водоема от ливневых дождей, которые могут привести к значительному замутнению воды, а иногда и к разрушению берегов водоема.

В зоне Черноземья водоемы характеризуются высоким содержанием органических веществ, вымывающихся из почвы. На базе этой органики развивается повышенная эвтрофикация, борьба с которой без применения растительноядных рыб (белый и пестрый толстолобики) мало эффективна. А ловля растительноядных рыб на спортивные снасти (удочка, спиннинг и нахлыст) крайне затруднена. И хотя сейчас созданы новые искусственные насадки, включающие экстракты зоопланктона для ловли пестрого толстолобика, нужно обладать большим опытом, чтобы гарантировано ловить эту рыбу. Поэтому в зоне Черноземья лучше использовать

в качестве источника водоснабжения не площадь водосбора, а реку, которая должна протекать недалеко от водоема. Дело в том, что в реках Черноземья органические вещества, поступающие в воду из почвы вместе с атмосферными осадками, в значительной мере потребляются в качестве первичной биопродукции бурно развивающимися в них высшими водорослями, моллюсками и другими водными организмами. Такая вода наиболее пригодна для водоемов РРРХ Черноземья.

Суровые зимы севера и востока нашей страны способствуют образованию толстого слоя льда на водоемах, иногда до 1...1,5 м. При такой толщине льда водоем должен иметь глубины не менее 10...12 м, а средняя его глубина должна составлять от 5 до 7 м. В противном случае нарушается температурный режим зимовки. Снижение температуры воды в придонных слоях ниже 4 °С вызывает резкое ослабление иммунитета рыб (особенно карповых, которые в зимнее время практически не питаются), это в свою очередь приводит к возникновению и развитию различных грибковых и бактериальных инфекций. Гибель рыбы в таких водоемах в зимний период резко возрастает, а оставшиеся в живых особи после периода зимовки дольше восстанавливаются и переходят на активное питание.

Необходимо также учесть, что это явление наблюдается даже при стабильно высоком уровне содержания кислорода в воде, более того, если высокий уровень содержания кислорода поддерживается за счет активной аэрации придонных слоев путем принудительной подачи атмосферного воздуха и перемешивания воды, это может служить дополнительным фактором ее остывания. Для регулирования процесса зимовки в таких водоемах применяют артезианское водоснабжение и верхний водосброс переохлажденных (0,1...0,3 °С) слоев воды.

Выводы

Основные характеристики водоема оказывают существенное влияние на его оценку с точки зрения возможности органи-

зации рыбоводно-рыболовного рекреационного хозяйства.

Правильная рыбохозяйственная оценка водоема позволяет в будущем избежать целого ряда технологических проблем (нестабильность клева, гибель рыбы из-за нарушений требуемых условий содержания, невозможность ее зимовки и т. д.), способных сделать весь проект РРРХ экономически невыгодным.

Библиографический список

1. Розумная Л. А. Любительское рыболовство, как метод рыбохозяйственного освоения малых водоемов средней полосы России: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10. – М., 2003. – 26 с.
2. Жигин А. В., Терентьев П. В. Рыбоводно-рыболовное рекреационное хозяйство. – М.: Изд-во ВНИРО, 2015. – 216 с.
3. Ногинов Е. В. Коммерческое любительское рыболовство на небольших водоемах // Рыбное хозяйство. – 1994. – № 4. – С. 39–43.
4. Рыболовство (Электронный ресурс). – URL: http://www.fish.gov.ru/smi_review/Pages/012862.aspx (Дата обращения 23.07.2012).

Материал поступил в редакцию 21.03.2016.

Сведения об авторах

Жигин Алексей Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры «Аквакультура и пчеловодство»; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; 7 905-773-83-68; e-mail: azhigin@gmail.com.

Терентьев Павел Васильевич, главный рыбовод; Общество с ограниченной ответственностью «Рыбацкая деревня»; 129223, г. Москва, Сельскохозяйственная ул., Лихоборский въезд на ВВЦ; +7-916-459-47-90.

A. V. ZHIGIN

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

P. V. TERENTJEV

The limited liability company «Rybatskaya derevnya», Moscow

CHOICE OF A POND FOR ARRANGEMENT OF A FISH BREEDING AND FISHING RECREATION ECONOMY

For a significant part of population (especially in relatively developed countries) fishing is a way of having a leisure time and rest. According to various estimates there are from 10 to 30 mln people in Russia who are connected with amateur and sport fishing. The industrial fishing business of slow-growing and not valuable fish in many small ponds of Russia is not realized as it is unprofitable. Therefore arrangement of fish breeding-fishing recreational economies is an important and perspective form of their fish economic development. When choosing a pond for arrangement of fish breeding-fishing recreational economies it is necessary to take into consideration the following main characteristics: area and depth, area of water catchment, value of bottom sediments, level of ground water, availability of infrastructure and communications, remoteness from potential consumers. It is noted that the silt layer of more than 50 cm negatively influences the life of fish in the pond used for fish breeding-fishing recreational economies. However in case the pond's depth under the silting of more than 50 cm is 6 m and more, the influence of silt masses on hydraulic conditions are considerably leveled. For regulation of the process of winter stay in such ponds there are used artesian water supply and upper spillway of too cool ($0,1...0,3^{\circ}\text{C}$) water layers. It is noted that decreasing of water temperature in bottom layers lower than 4°C causes sharp weakening of fish immunity. Severe winters of the North and East of our country forwards formation of a thick ice layer on ponds, sometimes up to 1...1.5 m. With such an ice thickness the pond should have depths not less than 10...12 m, and its average depth should be from 5 to 7 m. They make a considerable influence on its assessment from a point of the possibility of organization of fish breeding-fishing recreational economies. The proper fish economic assessment of the pond allows avoiding a number of technological problems in future which can make the whole project unprofitable.

Fish breeding-fishing recreational economy, choice of a pond, area and depth, area of water catchment, bottom sedimentation, ground water, infrastructure, zonal special features.

References

Received on 21.03.2016.

1. Rozumnaya L. A. Lyubiteljskoye rybolovstvo, kak metod rybokhozyajstvenno-go osvoeniya malyh vodoemov srednej polosy Rossii: avtoref. Dis. ... cand. Boil. Nauk: 03.00.10. – M., 2003. – 26 s.

2. Zhigin A. V., Terentjev P. V. Rybovodno-rybolovnoye recreatsionnoye khozyajstvo. – M.: Izd-vo VNIRO, 2015. – 216 s.

3. Noginov E. V. Commercheskoye lyubiteljskoye rybolovstvo na neboljshih vodoemah // Ryubnoye khozyajstvo. – 1994. – № 4. – S. 39–43.

4. Rybolovstvo (Electronny resurs). – URL: http://www.fish.gov.ru/smi_review/Pages/012862.aspx (Data obrashcheniya 23.07.2012).

Information about the authors

Zhigin Alexej Vasiljevich, doctor of agricultural sciences, associate professor, professor of the chair «Aquaculture and bee keeping»; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University»; 127550, Moscow, ul. Timiryazeva, 49; 7 905-773-83-68; e-mail: azhigin@gmail.com.

Terentjev Pavel Vasiljevich, chief fish breeder; The limited liability company «Rybatskaya derevnya»; 129223, r. Moscow, Seljskokhozyajstvennaya ul., Likhoborsky vjezd na VVTS; +7-916-459-47-90.

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. Обратит 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, вырывание по центру или по ширине страницы; экспликация рисунка после знака «:» тем же шрифтом, начертание обычное.

17. **Обозначения, термины и иллюстративный материал** привести в соответствие с действующими государственными стандартами.

18. Статья должна обязательно содержать **вывод(ы)** (заголовок: шрифт 14 пт, начертание полужирное, выравнивание по центру, без абзацного отступа).

19. **Библиографический список** должен быть составлен в соответствии с последовательностью ссылок в

тексте. Ссылки на литературу по тексту помещать в квадратных скобках, в конце предложения перед точкой, оформлять по ГОСТ 7.0.5–2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». От основного текста список отделять пустой строкой с полуторным интервалом (начертание полужирное, выравнивание по центру, без абзацного отступа). Список нумеровать в порядке упоминания в тексте, каждый источник на отдельной строке, абзацный отступ – 0,5 см, выравнивание по ширине страницы, начертание обычное.

20. Все **аббревиатуры** необходимо пояснить – дать полный текст названия документа, организации, вида работ, процесса и др.

21. После библиографического списка на русском языке приводятся краткие сведения об авторах: Ф. И. О., ученая степень (звание), должность, контактный телефон, e-mail (шрифт курсивный, выравнивание по ширине страницы, без абзацного отступа, между-строчный интервал одинарный, Ф. И. О. 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 «Природо-обустройство» (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 телефонам: 8 (499) 976-36-67.

E-mail: prirodamgup@mail.ru

<http://www.timacad.ru/deyatel/izdat/priroda/>

ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО

3' 2016

Редактор, корректор – *М. С. Зверьков*

Ответственный за выпуск – *Н. Я. Филатова*

Переводчик – *Н. М. Логачева*

Верстальщик, художник – *М. С. Зверьков*

Подписано в печать 28.08.16
Формат 60×84/8
Шрифт SchoolBook
Усл.-печ. л. 13,86
Бумага офсетная
Печать цифровая
Тираж 750 экз.
Заказ
Цена договорная

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

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

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