ISSN 1997-6011

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО

Научно-практический журнал

1’ 2016

Москва

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»

Научно-практический журнал 1' 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. Исмайылов, 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. Исмайылов, 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 каталоге ОАО Агентства «Роспечать» – 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»

Theoretical-practical journal **1' 2016**

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

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

ISSN 1997-6011

Reviewers:
A. P. Aidarov, doctor of technical sciences
A. I. Golovanov, doctor of technical sciences
D. P. Gostishchev, doctor of technical sciences
G. Kh. Ismaiylov, doctor of technical sciences
A. E. Kasjyanov, doctor of technical sciences
V. N. Krasnoshchekov, doctor of economics
A. M. Margolin, doctor of economics
I. P. Svintsov, doctor of agricultural sciences
V. I. Smetanin, doctor of technical sciences
E. A. Khodyakov, doctor of agricultural sciences
V. V. Shabanov, doctor of technical sciences

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.

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. Zalysin, doctor of political sciences, professor
G. Kh. Ismaiylov, doctor of technical sciences, professor, honored scientist of RF
N. P. Karpenko, doctor of technical sciences
I. P. Svintsov, academician of the Russian Science Academy
V. I. Smetanin, doctor of technical sciences, professor, honored worker of the RF higher school
N. V. Khanov, doctor of technical sciences, professor,
V. V. Shabanov, doctor of technical sciences, professor
D. V. Shterenlikht, doctor of technical sciences, professor, honored scientist of RF

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

Price of one issue – 220 r.

Index of the journal in the catalogue of OAO Agency «Rospechatj» – 80746

UDC 502/504
BBC 20.1

© Russian Timiryazev State Agrarian University, 2016

Содержание

05.23.00 Строительство и архитектура

Гурьев А. П., Беглярова Э. С., Дмитриева А. В., Соколова С. А., Хайруллин Р. А.
Исследование сопрягающего колена шахтного водосброса при безнапорном режиме работы 6

Гурьев А. П., Ханов Н. В., Мезенцева Н. А.
Анализ применения водосбросных сооружений гидроузлов, работающих при наличии глубокого вакуума 12

Жарницкий В. Я., Андреев Е. В.
Грунтовые плотины как объект динамической системы 16

Карамбиров С. Н., Уманский П. М.
Кластерный анализ участков водопроводной сети 23

Масликова О. Я.
Экспериментальное исследование интенсивности снеготаяния на лабораторной модели 28

Шестопалова З. О., Евграфова И. М., Евграфов А. В.
Проблемы проектирования и организации санитарно-защитной зоны аэропортов 34

Кловский А. В., Козлов Д. В.
Рекомендации по устройству и эксплуатации донных циркуляционных порогов в условиях бесплотинного забора воды из малых горных рек III группы 38

06.01.00 Агрономия

Голованов А. И., Кучер Д. Е., Шуравилин А. В.
Обоснование математической модели капельного увлажнения сада в условиях Подмосковья 44

Головинов Е. Э., Аминев Д. А., Захаров А. В., Бакштанин А. М.
Отечественный агромонитор для контроля работы сельскохозяйственной техники 52

Карпенко Н. П., Юрченко И. Ф.
Классификация мероприятий безопасной эксплуатации мелиоративных систем 58

Краснощеков В. Н., Ольгаренко Д. Г.
Развитие системы показателей оценки эффективности использования сельскохозяйственных земель 63

Насонов А. Н., Никифоров А. В., Цветков И. В.
Фрактальное моделирование динамики экологических состояний Строгинский поймы реки Москвы на основе статистических данных гидрохимических показателей 69

Петелько А. И., Барабанов А. Т.
Показатели стока талых вод за 1959–2008 годы 78

Семенова К. С.
Обоснование объема противопожарной водоподачи при шлюзовании торфяников 84

Цыгуткин А. С., Блинникова В. Д., Кауфман А. Л., Рекус И. Г., Белопухов С. Л.
Об оптимальном значении кислотности раствора при прорастании семян белого люпина (Lupinus albus L.) 91

Шабанов В. В., Солошенков А. Д.
Дифференциация типов увлажнения и типов водного питания почв по катене 97

06.03.00 Лесное хозяйство

Слесарев М. Ю., Евграфов А. В.
Система профилактики торфяников от возгорания 102

Шевлякова М. И., Луганская С. Н.
К вопросу о реставрации природного музея-заповедника «Парк Монрепо» 106

06.04.00 Рыбное хозяйство

Власов В. А., Маслова Н. И.
Характеристика потомства, полученного от скрещивания карпов анишской и чувашской пород 112

Список статей, опубликованных в 2015 году 119

Перечень требований и условий представления статей для публикации в журнале 122

Contents

05.23.00 Building and architecture

Guriev A. P., Beglyarova E. S, Dmitrieva A. V., Sokolova S. A., Khairullin R. A.
Investigation of the conjugating knee of a shaft spillway under the headless mode of operation 6

Guriev A. P., Khanov N. V., Mezentseva N. A.
Analysis of usage of spillways of the hydraulic units operating under high vacuum 12

Zharnitskiy V. YA., Andreev E. V.
Earth dams as an object of the dynamic system 16

Karambirov S. N., Umansky P. M.
Cluster analysis of parts of water supply network 23

Maslikova O. Ya.
Experimental investigation of the intensityof snow melting on the laboratorian model 28

Shestopalova Z. O., Evgrafova I. M., Evgrafov A. V.
Problems of designing and arrangement of the sanitary-protection zone of airports 34

Klovsky A. V., Kozlov D. V.
Recommendations on arrangement and operation of bottom circulation sills under the conditions of damless water intake from small mountain rivers of III group 38

06.01.00 Agronomy

Golovanov A. I., Kucher D. E., Shuravilin A. V.
Substantiation of the mathematical model of the garden drip irrigation under the conditions of the Moscow region 44

Golovinov E. E., Aminev D. A., Zakharov A. V., Bakshtanin A. M.
Domestic agromonitor for control of agricultural machinery operation 52

Karpenko N. P., Yurchenko I. F.
Classification of measures of safe operation of land reclamation systems 58

Krasnoshchekov V. N., Olgarenko D. G.
Development of the system of indicators of the efficiency assessment of usage of agricultural lands 63

Nasonov A. N., Nikiforov A. V., Tsvetkov I. V.
Fractal modeling of the dynamics of ecological states of the Stroginskaya floodplain of the Moscow river on the basis of the statistical data of hydro chemical indices 69

Peteljko A. I., Barabanov A. T.
Indices of thaw water runoff for the 1959–2008 years 78

Semenova K. S.
Substantiation of the volume of fire prevention water supply when locking peat bogs 84

Tsygutkin A. S., Blinnikova V. D., Kaufman A. L., Rekus I. G., Belopukhov S. L.
About the optimal value of solution acidity at white lupine seeds germination (Lupinus albus L.) 91

Shabanov V. V., Soloshenkov A. D.
Differentiation of moistening types and types of soils water feeding on the catane 97

06.03.00 Forestry

Slesarev M. YU., Evgrafov A. V.
The prevention system of peat bogs ignition 102

Shevlyakova M. I., Luganskaya S. N.
On the restoration of the state historical and architectural museum-reserve «Monrepos Park» 106

06.04.00 Fishery

Vlasov V. A., Maslova N. I.
Characteristics of the offspring produced by crossing carps of anishskaya and chuvashskaya breeds 112

List of the articles published in 2015 119

List of requirements and conditions of articles submission for publication in the journal 122

УДК 502/504 : 627.83

А. П. ГУРЬЕВ, Э. С. БЕГЛЯРОВА, А. В. ДМИТРИЕВА, С. А. СОКОЛОВА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва

Р. А. ХАЙРУЛЛИН
Строительно-монтажное управление электромонтажных работ, г. Москва

ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРЯГАЮЩЕГО КОЛЕНА ШАХТНОГО ВОДОСБРОСА ПРИ БЕЗНАПОРНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

В послевоенные годы резко возрос интерес к теоретическим исследованиям шахтного водосброса после появления работы Вагнера, посвященной исследованиям кольцевого водослива с острой кромкой. Методика некоторых аспектов гидравлических расчетов шахтных водосбросов включена в соответствующие «Рекомендации по гидравлическим расчетам» и гидравлические справочники. Тем не менее, до сих пор нет четко разработанных методик гидравлического расчета шахтных водосбросов как единого водосбросного сооружения, состоящего из водоприемной воронки, ствола и сопрягающего колена. Целью данных исследований являлась разработка методов расчета колена шахтного водосброса с полигональным поперечным сечением. В соответствии с поставленной целью в работе необходимо было решить следующие задачи: выполнить теоретическое обоснование геометрических параметров колена шахтного водосброса полигонального поперечного сечения; проанализировать теоретические основы расчета гидравлических параметров колена водосброса; экспериментально изучить работу шахтного водосброса полигонального поперечного сечения на физической модели; изучить распределение потерь энергии по глубине и ширине потока, определить значения коэффициентов сопротивления сопрягающего колена при безнапорном режиме его работы. Проведенные исследования позволили определить практическую ценность результатов экспериментов. Выполнены подробные модельные исследования шахтного водосброса полигонального поперечного сечения с 12-гранной водоприемной воронкой, позволившие получить распределение осредненного гидродинамического давления на вогнутую поверхность сопрягающего колена и кинематические характеристики потока при безнапорном режиме работы. Достоверность полученных результатов подтверждена результатами модельных исследований колена шахтного водосброса полигонального поперечного сечения в широком диапазоне гидравлических параметров и совпадением с ними данных теоретических расчетов.

Шахтный водосброс, сопрягающее колено, безнапорный режим, конфузор, расход, коэффициент гидравлического сопротивления, скорость потока, скоростной напор, гидравлический радиус, потери энергии.

Введение. Шахтные водосбросы относятся к поверхностным водосбросам. Их устраивают вне тела плотины при хороших геологических условиях и в водохранилищах при неблагоприятных геологических и топографических условиях расположения створа гидроузла. Шахтные водосбросы служат постоянным эксплуатационным сооружением речных гидроузлов.

В состав шахтного водосброса входят: водосливная воронка с полным или неполным в плане кольцевым водосливом; переходной участок; вертикальная

шахта; конфузор, колено или иное сопрягающее устройство; отводящий водовод в виде трубы или туннеля.

Отличие сопрягающих колен шахтного водосброса от колен трубопроводов, сопрягающих участков сливных граней и водобоя водосливных плотин и их носков-трамплинов, состоит в том, что они имеют значительную высоту. На долю колена приходится значительная доля напора гидроузла, достигающая 30 %. Это обстоятельство создает условия для значительных деформаций потока в вертикальной плоскости в безнапорном сопрягающем колене от входного до выходного сечения.

Если для напорного гидравлического режима работы сопрягающего колена известны граничные условия на поверхности и дне потока (кривизна дна и потока колена), то при безнапорном режиме работы очертание свободной поверхности неизвестно.

Последнее обстоятельство затрудняет решение задачи распределения давления по длине водопропускного тракта, высоте выходного сечения конфузора, определение коэффициентов гидравлических сопротивлений сопрягающих колен, их размеров и требует модельных исследований водосброса по его пропускной способности.

Материалы и методы. Одной из задач исследований шахтного водосброса на модели масштаба 1:60 было определение коэффициентов гидравлических сопротивлений сопрягающих колен, выявление существующих расчетных зависимостей для аналитического определения величины коэффициента сопрягающего колена шахтного водосброса. Исследовалась безнапорная работа сопрягающего колена прямоугольного поперечного сечения шириной в свету b=100 мм (размер в плоскости, перпендикулярной настоящему листу), с углом поворота 88,7°. Радиус кривизны вогнутой грани сопрягающего колена составил 21,7 см, а центр ее кривизны располагался в плоскости входного сечения колена. Отводящий водовод был выполнен в виде туннеля коробчатого сечения с уклоном дна i = 0,0225 (рис. 1). На рисунке 1 представлена схема колена, сопрягающего ствол шахтного водосброса и отводящий водовод.

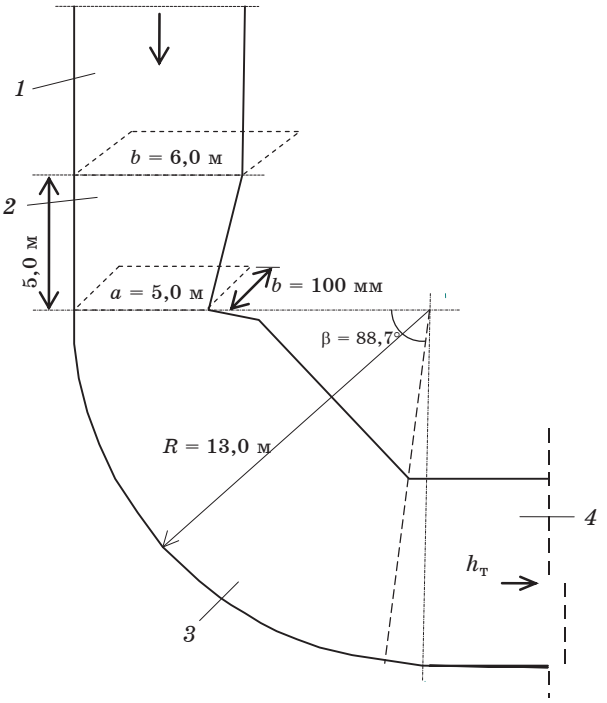


Рис. 1. **Схема колена, сопрягающего ствол шахтного водосброса и отводящий водовод:** *1* – ствол шахты; *2* – конфузор; *3* – колено прямоугольного сечения; *4* – отводящий водовод

Исследование сопрягающего колена в безнапорном режиме проводилось для трех вариантов размера выходного сечения конфузора a = 56, 70 и 76 мм при расходах модели Q = 16,1; 21,1 и 22,4 л/с.

Потери напора в сопрягающем колене h_w определялись формулой Вейсбаха [1]:

$$h_w = \zeta_м \cdot \frac{V^2}{2g}, \quad (1)$$

где $\zeta_м$ – коэффициент сопротивления колена; V – скорость за сопротивлением; g = 9,81 м²/с.

Коэффициент сопротивления сопрягающего колена $\zeta_м$ в опытах определялся как:

$$\zeta_м = \frac{2g\mathrm{d}E_{ск}}{V^2},$$

где $\mathrm{d}E_{ск}$ – величина гидравлических потерь (разность осредненных по сечению полных потерь энергии от верхнего бьефа до выходного сечения колена $E_{вых}$ и потерь энергии от верхнего до входного сечения колена $E_{вх}$):

$$\mathrm{d}E_{ск} = E_{вых} - E_{вх}. \quad (3)$$

Поскольку в сопрягающем колене поток сильно искривлен, то появление центробежных сил вызывает сильную деформацию эпюры скоростей с

уменьшением их значения в пристенной области. Для получения суммарной величины гидравлических потерь в сопрягающем колене измерялись местные скорости и давления по площади поперечного сечения потока трубкой Пито. Динамическая трубка давала истинное значение энергии потока в измеряемой точке потока. По формуле (3) определялись местных величины потерь энергии и производилось построение соответствующих эпюр потерь энергии. Интегрирование этих эпюр позволяло определить суммарные потери для всего потока, после чего определялись осредненные удельные потери и по формуле (2). Более подробнометодика эксперимента изложена ранее в работе [2].

Результаты и обсуждение. На рисунке 2 показано соответственно распределение осредненных скоростей по глубине и ширине потока на мерных вертикалях во входном и выходном сечениях сопрягающего колена, а также в туннеле при размерах выходного сечения конфузора 100x76 мм и расходе Q = 22,4 л/с.

На рисунках 4, 5 показано распределение местных потерь E_i энергии по глубине и ширине потока на мерных вертикалях во входном и выходном сечениях сопрягающего колена и в туннеле при размере выходного сечения конфузора b_{xh}, равного 100x76 мм и при расходе Q = 22,4 л/с. Так как потери энергии пропорциональны величине $V^2/2g$, то согласно рисунку 3 распределение потерь энергии по ширине будут иметь аналогичный вид.

В таблице приведены основные исследованные и рассчитанные параметры потока в сопрягающем колене.

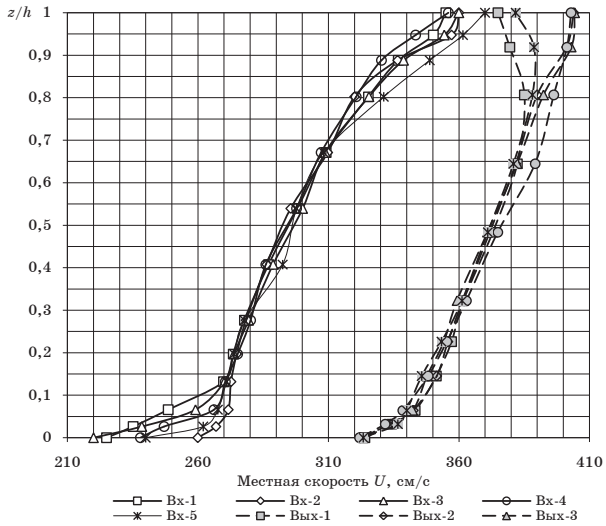


Рис. 2. **Распределение скоростей по глубине потока на входе и выходе колена (b = 100 мм, a = 76 мм, Q = 22,4 л/с)**

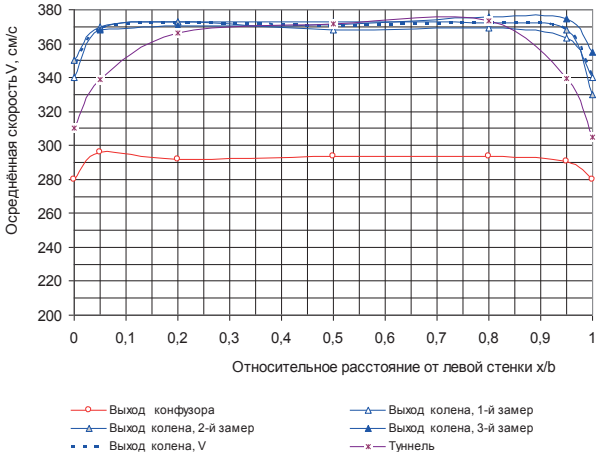


Рис. 3. **Распределение осредненных скоростей по ширине потока во входном и выходном сечениях сопрягающего колена и в туннеле (b = 100 мм, a = 76 мм, Q = 22,4 л/с)**

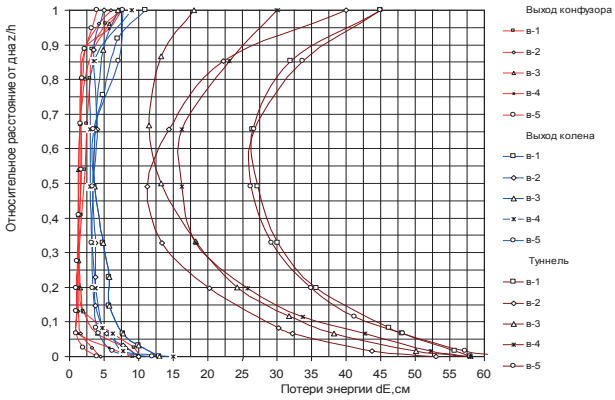


Рис. 4. **Распределение потерь энергии по глубине потока во входном и выходном сечениях сопрягающего колена и в туннеле при безнапорном режиме работы**

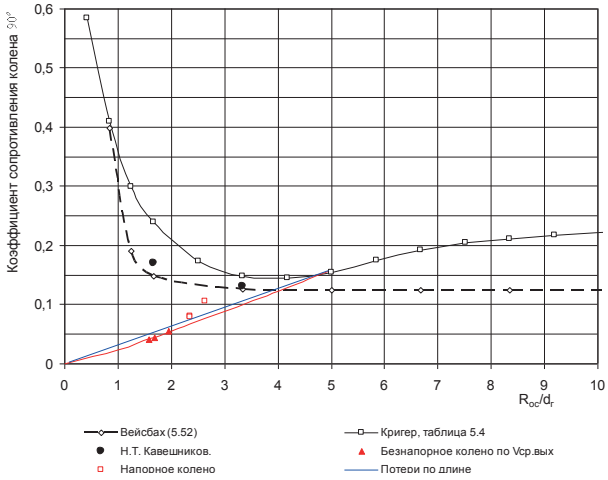


Рис. 5. **Значения коэффициентов сопротивления сопрягающего колена при безнапорном режиме его работы как функции величины $R_{oc}/d_г$**

Результаты исследования кинематики потока в сопрягающем колене прямоугольного поперечного сечения шахтного водосброса при безнапорном режиме

1	Размеры выходного сечения конфузора a, мм	56	70	76
2	Расход Q, л/с	16,06	21,06	22,42
3	Глубина потока на выходе из колена h, мм	41,0	54,0	60,0
4	Средняя глубина потока $h_{ср}$, мм	48,5	62,0	68,0
5	Потери энергии в колене h_w, см	4,21	3,40	2,89
6	Относительная глубина потока на выходе из колена h/a	0,732	0,771	0,789
7	Средняя скорость потока на входе в колено$V_{вх}$, см/с	286,8	300,9	295,0
8	Средняя скорость потока на выходе из колена $V_{вых}$, см/с	391,7	390,0	373,7
9	Скорость потока в среднем сечении колена$V_{ср}$, см/с	331,1	339,7	329,7
10	Гидравлический диаметр в выходном сечении колена $d_{г.вых} = 4R_{вых}$, см	9,01	10,38	10,91
11	Гидравлический диаметр в среднем сечении колена $d_{г.с} = 4R_с$, см	9,85	11,07	11,5
12	Число Рейнольдса в выходном сечении колена $Re_{вых}$	352960	405000	354436
13	Число Рейнольдса в среднем сечении колена $Re_с$	326058	376096	379155
14	Коэффициент сопротивления сопрягающего колена (относительно скоростного напора на выходе из колена) с исследованным углом поворота 88,7°	0,0538	0,0439	0,0406
15	Коэффициент сопротивления сопрягающего колена, пересчитанный на угол поворота 90°	0,0546	0,0445	0,0412
16	Средний радиус осевой линии потока $R_{ос}$, см	19,25	18,57	18,27
17	Длина осевой линии потока $l_{ос} = 1,57R_{ос}$, см	29,78	28,73	28,27
18	Относительная длина среднего радиуса осевой линии $R_{ос}/d_г$	1,95	1,68	1,59
19	Относительная длина осевой линии потока	3,06	2,64	2,5
20	Коэффициент Дарси по формуле А. Д. Альтшуля для среднего сечения	0,0206	0,02	0,0198
21	Коэффициент сопротивления по длине сопрягающего колена	0,063	0,0528	0,0494
22	Отношение п.14 к п.21	0,867	0,844	0,835
23	Разница расчетных значений потерь напора в колене по длине и по замерам по скорости на выходе, %	13,9	16,8	18,1

Экспериментально получены следующие коэффициенты сопротивления безнапорного колена: 0,0538, 0,0439 и 0,0406 соответственно для размеров выходного сечения конфузора b = 100 мм и a = 56, 70 и 76 мм (табл. 1).

Для сопрягающих колен, работающих в напорном режиме, исследователи считают целесообразным различать потери по длине колена и потери, связанные с деформацией потока [1]. Аналогичное разделение потерь интересно было бы сделать и для безнапорного сопрягающего колена шахтного водосброса.

В опытах глубина потока на выходе из сопрягающего колена находилась в пределах от 0,73 до 0,79 размера выходного сечения конфузора.

При исследованиях безнапорного режима в сопрягающем колене не наблюдалось каких-либо специфических деформаций потока, на которые потребовался бы дополнительный расход энергии потока. Считаем, что потери энергии безнапорного потока в сопрягающем колене должны определяться потерями по длине.

Для вычисления потерь по длине были также привлечены данные кинематических характеристик потока в отводящем туннеле модели шахтного водосброса гидроузла Джедра, выполненные нами ранее [3], в створе, расположенном на расстоянии l = 172 см от выходного сечения сопрягающего колена. При безнапорном режиме работы распределение осредненных скоростей потока, потерь энергии по ширине и глубине изучалось для варианта конфузора с размерами выходного сечения h = 100 мм и a = 76 мм при расходе Q = 22,4 л/с.

По результатам исследований гидроузла Джедра и выражению (2) был определен коэффициент гидравлических потерь по длине:

$$\zeta_1 = \frac{2g\mathrm{d}E_т}{V^2} = \frac{1962 \cdot 19,9}{358,4^2} = 0,304,$$

где 19,9 см – средневзвешенные потери энергии на участке между выходным сечением сопрягающего колена и мерным створом в туннеле; 358,4 см/с – средняя скорость потока в мерном створе туннеля.

Гидравлический радиус потока в мерном створе туннеля гидроузла Джедра был равен R = 2,77 см, ему соответствовал гидравлический диаметр $d_г = 4R$ = 11,07 см, и относительная длина участка туннеля, на котором измерялись гидравлические потери энергии на трение,

составила $1/d_г = 172/11{,}07 = 15{,}54$. Тогда коэффициент гидравлического трения Дарси будет и число Рейнольдса будут равны:

$$\lambda = \frac{\zeta_г}{1/d_г} = \frac{0{,}304}{15{,}54} = 0{,}0196;$$

$$\mathrm{Re_d} = \frac{Vd_г}{\nu} = \frac{358{,}3 \cdot 11{,}07}{0{,}01} = 396679.$$

Значения относительной шероховатости поверхности колена можно получить из формулы А. Д. Альтшуля [1]:

$$\lambda = 0{,}11 \cdot \sqrt[4]{\frac{\Delta}{d_г} + \frac{68}{\mathrm{Re}}}, \qquad (4)$$

где λ – коэффициент сопротивления по длине; $\Delta/d_г$ – относительная шероховатость стенок модели.

Из формулы (4) имеем величину абсолютной эквивалентной шероховатости модели водосброса (оргстекло):

$$\frac{\Delta}{d_г} = \left(\frac{\lambda}{0{,}11}\right)^4 - \frac{68}{\mathrm{Re}},$$

где $\lambda = 0{,}0196$, $\mathrm{Re} = 396679$.

Тогда $\Delta/d_г = 0{,}00084$ и величина шероховатости $\Delta = 0{,}00084 \cdot 110{,}7 \approx 0{,}1$ мм, что соответствует рекомендациям моделирования. Это значение $\Delta = 0{,}1$ мм принято при расчете гидравлических потерь по длине сопрягающего колена в таблице.

Следует отметить, что коэффициент всех потерь сопрягающего колена подсчитан по (4) относительно скорости в выходном сечении сопрягающего колена, а коэффициент потерь по длине сопрягающего колена подсчитан по скоростному напору в среднем сечении колена.

Сопоставление расчетных значений коэффициентов потерь по длине колена и экспериментальных значений приведено в последней строке таблицы. Коэффициент потерь сопрягающего колена, подсчитанный по скоростному напору в выходном сечении, получается меньше потерь по длине колена, подсчитанных по средней скорости и длине вогнутой поверхности колена, на 15,6...21,1 % (при уменьшении относительного среднего радиуса кривизны осевой линии потока с 1,95 до 1,59).

В инженерных курсах гидравлики рассматриваются потоки, в которых отсутствуют или пренебрежимо малы кривизна и сходимость линий тока. В реках, каналах эпюры распределения скоростей по сечению потока формируются на границах живого сечения за счет вязкости воды и развития пограничного слоя. На рисунке 5 приведены значения коэффициентов сопротивления сопрягающего колена при безнапорном режиме его работы как функции величины $R_{ос}/d_г$.

В сопрягающем колене, как показано выше, центробежные силы могут превосходить гидростатическое давление в несколько раз, что и предопределяет скоростную структуру потока по вертикали. При этом придонные скорости могут снижаться до 0,7...0,8 от средней скорости потока, уже придонные скорости определяют величину гидравлических потерь на трение. Обработка результатов экспериментов позволила получить зависимость между потерями в сопрягающем колене и расчетными потерями по длине, определяемыми по средней скорости в сопрягающем колене.

В диапазоне значений относительной кривизны средней линии потока $1 < R_{ос}/d_г < 5$ для сопрягающих колен прямоугольного сечения может быть использована зависимость:

$$\xi_{кол} = 0{,}243 \cdot \left(R_{ос} / d_г\right).^{1{,}17} \qquad (5)$$

При относительной длине радиуса кривизны $R_{ос}/d_г = 1{,}67$ коэффициент сопротивления колена по данным экспериментов почти в 4 раза, а при $R_{ос}/d_г = 3{,}34$ – в 1,3 раза меньше рекомендуемых (таблица).

Выводы

Рекомендации Кригера и Н. Т. Кавешникова [4] по определению коэффициента сопротивления безнапорных колен прямоугольного поперечного сечения не подтверждаются гидравлическими исследованиями.

Экспериментально полученные нами коэффициенты сопротивления сопрягающего колена прямоугольного поперечного сечения при безнапорном режиме работы меньше потерь по длине, за которую можно принимать длину средней линии потока в сопрягающем колене.

Относительная разница между действительными гидравлическими потерями в безнапорном сопрягающем колене и потерями по длине увеличивается с уменьшением относительной длины радиуса кривизны сопрягающего колена.

В предварительных расчетах безнапорного режима гидравлические сопротивления колена прямоугольного поперечного сечения в диапазоне относительной кривизны сопрягающего колена $R_{ос}/d_г = 2...3$ (таблица, рис. 5)

можно рассчитывать по зависимости (5).

Библиографический список

1. **Идельчик И. Е.** Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М. О. Штейнберга. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.
2. **Гурьев А. П., Беглярова Э. С., Дмитриева А. В., Соколова С. А.** Исследование сопрягающего колена шахтного водосброса при напорном режиме работы // Логистика, транспорт, природообустройство: материалы международной конференции. – Ереван: Арменпак, 2015. – 190 с.
3. Научное обоснование проектных решений шахтного водосброса гидроузла Джедра: Отчет НИР: Гос. регистрация № 01.20.03. 15976. – М.: МГУП, 2003.
4. **Кавешников Н. Т.** Гидравлические расчеты и проектирование шахтных водосбросов. – М.: Энергия, 1985. – 120 с.

Материал поступил в редакцию 07.09.2015.

Сведения об авторах

Гурьев Алим Петрович, доктор технических наук, профессор кафедры комплексного использования водных ресурсов и гидравлики; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 19.

Беглярова Эвелина Суреновна, кандидат технических наук, профессор кафедры комплексного использования водных ресурсов и гидравлики; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 19.

Дмитриева Альбина Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры комплексного использования водных ресурсов и гидравлики; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 19.

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

Хайруллин Ринат Аббясович, руководитель проектов; Строительно-монтажное управление электромонтажных работ; тел.: +7-926-123-16-13; e-mail: schmerzzz@inbox.ru.

A. P. GURIEV, E. S BEGLYAROVA, A. V. DMITRIEVA, S. A. SOKOLOVA
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

R. A. KHAIRULLIN
The Construction management of electric installation works, Moscow

INVESTIGATION OF THE CONJUGATING KNEE OF A SHAFT SPILLWAY UNDER THE HEADLESS MODE OF OPERATION

In the postwar years the interest in theoretical researches of shaft spillway has increased after the appearance of Vagner's work devoted to investigations of the circular spillway with a sharp edge. Methodology of some aspects of hydraulic calculations of shaft spillways is included in the corresponding «Recommendations on hydraulic calculations» and hydraulic reference books. Nevertheless until now there are no clearly developed methods of hydraulic calculation of shaft spillways as a single spillway structure consisting of a water intake funnel,shaft and conjugating knee. The purpose of these investigations was a development of calculation methods of a spillway shaft knee with a polygonal cross section. In accordance with this purpose it was necessary to solve the following tasks in the work: to fulfill a theoretical substantiation of geometric parameters of the shaft spillway knee of a polygonal cross section; to analyze theoretical calculation foundations of hydraulic parameters of a spillway knee; to experimentally study the operation of the shaft spillway of a polygonal cross section on the physical model; to study the distribution of energy losses on the depth and width of the flow; to determine values of resistance coefficients of the conjugating knee under a headless mode of its operation. The fulfilled researches made it possible to determine a practical value of the experimental results. There were fulfilled detailed model investigations of the shaft spillway of a polygonal cross section with a 12-faced water intake funnel which allowed obtaining distribution of the averaged hydrodynamic pressure on the concaved surface of the conjugating knee and kinematic characteristics of the flow under a headless mode of operation. The reliability of the obtained results is confirmed by the results of model investigations of the shaft spillway knee of a polygonal cross section in a wide range of hydraulic parameters and coincidence with them by the data of theoretical calculations.

Shaft spillway, conjugating knee, headless mode, confuser, consumption, coefficient of hydraulic resistance, flow speed, high-speed pressure, hydraulic radius, energy losses.

References

1. **Ideljchik I. E.** Reference book on hydraulic resistances / Edited by M.O. Shteinberg. – M.: Machinebuilding, 1992. – 672 p.

2. **Guriev A. P., Beglyarova E. S, Dmitrieva A. V., Sokolova S. A.** Investigation of the conjugating knee of a shaft spillway under a head mode of operation // Logistics, transport, environmental engineering: materials of the international conference. – Yerevan: Armenpak, 2015. – 190 p.

3. Scientific substantiation of design solutions of shaft spillway of the unit Jedra: Report NIR: State registration № 01.20.03. 15976. – M.: MSUEE, 2003.

4. **Kaveshnikov N. T.** Hydraulic calculations and designing of shaft spillways. – M.: Energy, 1985. – 120 p.

Received on September 7, 2015.

Information about the authors

Gurjev Alim Petrovich, doctor of technical sciences, professor of the department of complex usage of water resources and hydraulics; FSBEI HE RSAU – MTAA; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19.

Beglyarova Evelina Surenovna, candidate of technical sciences, professor of the department of complex usage of water resources and hydraulics; FSBEI HE RSAU – MTAA; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19.

Sokolova Svetlana Anatoljevna, candidate of technical sciences, associate professor of the department of complex usage of water resources and hydraulics; FSBEI HERSAU – MTAA; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19. tel.: 8(499)976-21-56; e-mail: sokolovasvetlana@mail.ru.

Khairullin Rinat Abbyasovich, manager of projects; The Construction management of electric installation works, tel.: +7-926-123-16-13; e-mail: schmerzzz@inbox.ru.

УДК 502/504 : 627.83

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

Н. А. МЕЗЕНЦЕВА
Акционерное общество «Институт Гидропроект», Москва

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОСБРОСНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГИДРОУЗЛОВ, РАБОТАЮЩИХ ПРИ НАЛИЧИИ ГЛУБОКОГО ВАКУУМА

Статья посвящена анализу работы водосбросных сооружений при наличии глубокого вакуума. Приведены примеры водосбросных сооружений, при работе которых создаются условия для образования вакуума. Актуальность данной статьи заключается в том, что вопрос о влиянии вакуума на работу водосбросных сооружений остается открытым и недостаточно изученным. Авторами проделана большая работа по изучению модельных исследований водосбросных сооружений, проведенных различными учеными. Произведена оценка влияния вакуума на пропускную способность водосбросного сооружения. В статье рассмотрены сооружения, работающие при наличии глубокого вакуума. Представлены результаты модельных исследований вакуума. Дана оценка влияния глубокого вакуума на работу водосбросных сооружений. Все рассмотренные в статье сооружения обладают способностью образования вакуума,превосходящего физически возможную величину. Отмечается,что величина этого вакуума влияет на формирование суммарного напора водопропускного сооружения. Если не учитывать превышение вакуума над физически возможным,модельные данные дают завышенное значение пропускной способности сооружения. Отмечается,что на моделях невозможно смоделировать режимы с глубоким вакуумом. Предложены способы повышения достоверности исследований вакуума с помощью моделей сооружений.

Вакуум,разрыв сплошности потока, пропускная способность.

Введение. При проектировании водопропускных сооружений обычно избегают образования вакуумных зон, особенно появление глубокого вакуума. Опыт эксплуатации сооружений показал, что в ряде случаев при образовании вакуума в сооружениях иногда происходят весьма неприятные явления, такие как: кавитации и появление кавитационной эрозии бетона, динамические нагрузки, разрыв сплошности потока, следствием чего является уменьшение пропускной способности сооружения и появление динамических нагрузок. В то же время вакуум является положительным фактором при работе некоторых водосбросных сооружений. Он обеспечивает работоспособность сифонных водосбросов, а на поверхностных водосливах увеличивает пропускную способность.

К сооружениям, в которых создается условие для образования вакуума, относятся: сифонные водосбросы, водосливы с вакуумными оголовками безнапорные, напорные донные водосбросы совмещенных ГЭС-переменной ширины в плане, шахтные водосбросы.

В средней части напорных водосбросов совмещенных ГЭС имеется ключевое сечение с минимальной площадью, в котором образуется вакуум за счет восстановления энергии как в отсасывающей трубе турбины. Так, например, при некоторых гидравлических режимах донного водосброса Нижне-Камской ГЭС[1], в ключевом сечении образуется вакуум, достигающий величины 12 метров водяного столба, если пересчитывать результаты лабораторных исследований по правилам моделирования по Фруду, что превышает физически возможный вакуум. Обязательное наличие вакуума наблюдается при работе сифонных водосбросов. В качестве примера можно рассмотреть сифонный водосброс Канакирской ГЭС [2], распределение давлений по водопроводящему тракту которого показано на рисунке 1.

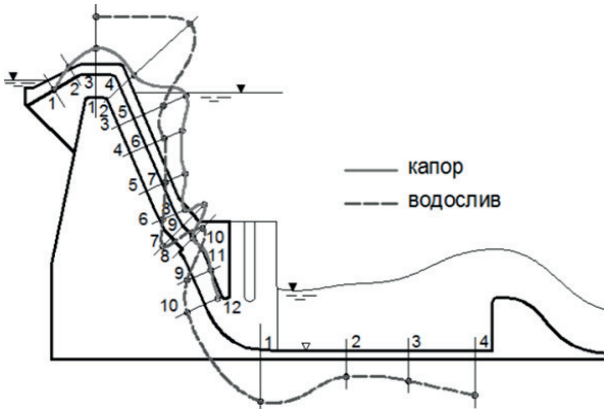


Рис. 1. **Сифонный водосброс Канакирской ГЭС**

Результаты и обсуждения. Для одного из вариантов наполнения БСР-2 Загорской ГАЭС-2 разработана конструкция сифонного водосброса, показанная на рисунке 2. В связи с большими амплитудами колебаний БСР-1, которые составляют более 11 м, в сифоне неизбежен разрыв сплошности потока при образовании вакуума. В этих условиях неоднозначным является ответ на вопрос о восстановлении работоспособности сифона при последующем повышения уровня воды БСР-1.

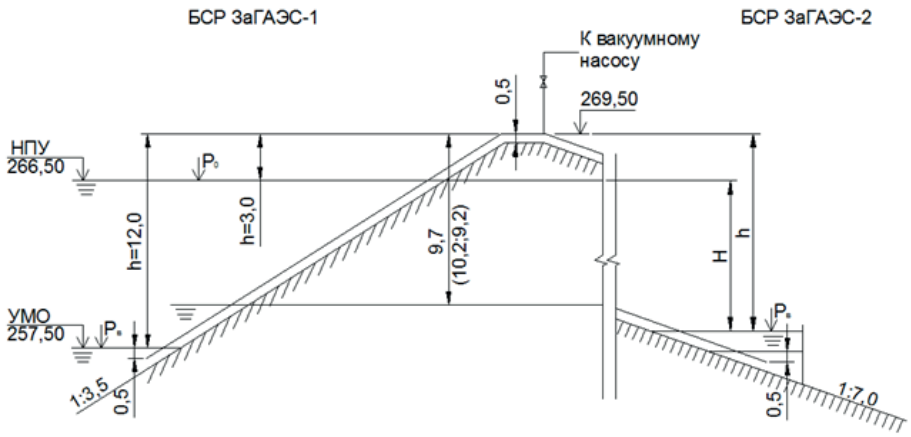


Рис. 2. **Сифонный водосброс для варианта наполнения БСР-2 Загорской ГАЭС**

Для обеспечения работоспособности сифона после подъема уровня воды БСР-1 в концевом участке сифона установлена емкость, в которой имеется объем воды, достаточный для заполнения нисходящей ветви сифона при его первоначальной зарядке. После понижения уровня воды в БСР-1 на величину, большую физического вакуума, в верхней части сифона в потоке формируется разрыв, величина которого определяется положением минимального уровня БСР-1. При повторном подъеме этого уровня, вместе с ним будут подниматься уровни воды в восходящей и нисходящей ветвях сифона. После их смыкания, восстановится работоспособность сифона.

В рамках данной тематики, также можно рассмотреть вариант конструкции водосброса Рогунской ГЭС с гашением энергии в вертикальной шахте, представленный на рисунке 3.

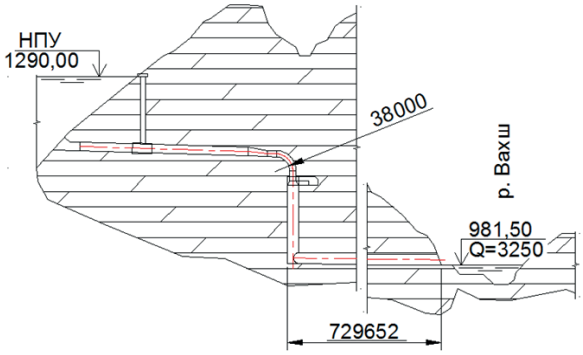


Рис. 3. **Продольный разрез по строительномутуннелю № 3 Рогунской ГЭС**

Исследования этого сооружения были проведены на модели масштаба 1:100 в лаборатории кафедры гидротехнических сооружений Института природообустройства имени А. Н. Костякова ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева. Распределение осредненного гидродинамического давления по высоте шахты на модели в режиме работы водосброса с впуском воздуха 2 % от расхода водосброса показано на рисунке 4. По данному графику видно, что при увеличении расхода, которое влечет за собой увеличение потерь и скорости потока, падает величина абсолютного давления. Величина максимального вакуума, равная 9,2 м, в натурных условиях повлечет за собой прекращение подъема свободной поверхности воды в шахте. Вместе с этим увеличением расхода остановится и воздух, содержащийся в воде, будет постепенно выделяться и выноситься вместе с водой, что приведет к началу уменьшения давления в шахте. При отсутствии подвода воздуха в шахте будет образовываться абсолютный вакуум. По данным модельных исследований величина этого вакуума может значительно превышать физически возможное значение, если его пересчитывать по законам моделирования.

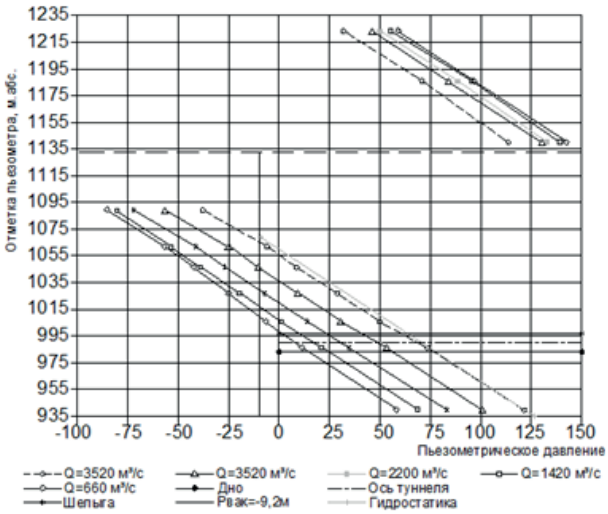


Рис.4. **Распределение осредненного гидродинамического давления по высоте шахты при впуске воздуха 2 % от расхода водосброса**

Заключение

Все эти сооружения обладают общим признаком: способностью образования вакуума, превосходящего физически возможную величину. Величина этого вакуума влияет на формирование суммарного напора водопропускного сооружения. Таким образом, если не учитывать это превышение вакуума над физически возможным, модельные данные дают завышенное значение пропускной способности сооружения.

Однако на моделях невозможно смоделировать такие режимы с глубоким вакуумом. Для повышения достоверности исследований вакуумных сооружений на моделях следует учитывать:

разницу аэрации потока на модели и в натуре;

выделение воздуха, растворенного в воде при наличии вакуума;

формированиевнатуредвухфазной жидкости, чего невозможно получить на модели.

Поэтому при перерасчете результатов исследований на натуру по законам геометрического подобия необходимо учитывать это обстоятельство. Однако в практике гидротехнического проектирования и изучениях сооружений на гидравлических моделях эти явления не нашли отражения в результатах исследований.

Библиографический список

1. Московский гидромелиоративный институт. Лабораторные гидравлические исследования турбинного блока Нижне-Камской ГЭС с вертикальным гидроагрегатом. Технический отчет о результатах исследований № НК – 3. — Москва, 1965.

2. **Розанов Н. П.** Вопросы проектирования водопропускных сооружений, работающих в условиях вакуума и при больших скоростях потока. – М. Л.: Госэнергоиздат, 1959. – 208с.

3. **Туманян В. И.** Гидравлика сифонных водосбросов. – М. Л.: Госэнергоиздат, 1949. – 99 с.

4. **Леви Н. И.** Моделирование гидравлических явлений. – М., Л.: Госэнергоиздат, 1960. – 235с

5. **Лятхер В. М., Прудовский А. М.** Гидравлическое моделирование. – М: Энергоатомиздат, 1984. – 390 с.

Материал поступил в редакцию 12.10.2015.

Сведения об авторах

Гурьев Алим Петрович, доктор технических наук, профессор кафедры комплексного использования водных ресурсов и гидравлики; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 19.

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

Мезенцева Наталья Андреевна, аспирантка; АО «Институт Гидропроект»; 125993, г. Москва, Волоколамское ш., 2; тел.: +7-985-484-16-78; e-mail: mezentceva89@mail.ru.

A. P. GURIEV, N. V. KHANOV
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

N. A. MEZENTSEVA
Joint-stock company «Institute Hydroproject», Moscow

ANALYSIS OF USAGE OF SPILLWAYS OF THE HYDRAULIC UNITS OPERATING UNDER HIGH VACUUM

The article is devoted to the analysis of spillways operation under the availability of high vacuum. There are given examples of spillways operation when conditions for vacuum formation are created. The urgency of the given article is connected with the fact that the problem of vacuum influence on the spillways operation is left open and remains not enough studied. The authors have carried out much work on studying model investigations of spillways performed by many scientists. The assessment is made concerning the vacuum influence on the capacity of a spillway structure. The article considers the structures operating under the availability of high vacuum. The results of model vacuum investigations are given. The assessment is given concerning the high vacuum influence on the operation of spillway structures. All the considered structures have a capability of vacuum formation exceeding physically a possible value. It is noted that this vacuum value influences a formation of the total head of the spillway structure. If not to take into consideration the exceeding vacuum over the physically possible one,the model data give the overrated value of the structure capacity. There are proposed methods of a higher reliability of vacuum investigations by means of models of structures.

Vacuum, breakage of the flow continuity, capacity.

References

1. The Moscow hydro meliorative institute. Laboratory hydraulic tests of the turbine block of the Nizhne-Kamsk HPP with a vertical hydraulic unit. Technical report on the test results No NK – 3. — Moscow, 1965.

2. **Rozanov N.P.** Problems of thespillways designing operating under the conditions on vacuum and high flow speeds. – M. L.:

Gosenergoizdat, 1959. – 208 p.

3. **Tumanyan V.I.** Hydraulics of siphon spillways. – M. L.: Gosenergoizdat, 1949. – 99p.

4. **Levi N.I.** Simulation of hydraulic phenomena. – M., L.: Gosenergoizdat, 1960. – 235p.

5. **Lyakhter V.M., Prudovsky A.M.** Hydraulicsimulation. – M: Energoatomizdat, 1984. – 390 p.

Received on October 12, 2015.

Information about the authors

Gurjev Alim Petrovich, doctor of technical sciences, professor of the department of complex usage of water resources and hydraulics; FSBEI HE RSAU – MTAA; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikovo, 19.

Khanov Nartmir Vladimirovich, doctor of technical sciences, head of the department of hydraulic structures; FSBEI HE RSAU – MTAA; 127550, Moscow, ul. Boljshaya Academicheskaya, 44; tel.: 8 (499) 976-00-15; e-mail: vkhanov@yahoo.com.

Mezentseva Natalja Andreevna, post graduate student; AO «Institute Hydroproject», 125993, г. Moscow, Volokolamskoye sh., 2; тел.: +7-985-484-16-78; e-mail: mezentceva89@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

ГРУНТОВЫЕ ПЛОТИНЫ КАК ОБЪЕКТ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Прорыв грунтовых плотин происходит всегда неожиданно и стихийно. Поэтому для своевременного оповещения о чрезвычайной ситуации по-прежнему актуальны вопросы совершенствования и разработки систем прогноза риска таких ситуаций. Приводится системный подход к оценке риска аварий грунтовых плотин на основе характеристик, потенциально влияющих на степень поврежденности тела плотины и ее основания, где в поле влияния динамических нагрузок тело плотины рассматривается, как динамическая система, в которой выделяется ряд динамических переменных, характеризующих состояние системы и что величины таких переменных в любой отрезок времени представляются из определенного набора по определенным правилам. Отмечается, что понятие динамической системы есть теоретическая абстракция, как например материальная точка – частица грунта, несжимаемая жидкость, занимающая поровый объем грунта, газ в том же поровом объеме и т. д. Реальные гидротехнические сооружения могут рассматриваться, как динамические системы только в определенном приближении, в той мере, в какой при описании динамики можно игнорировать тонкие детали внутренней структуры грунта и его способности воспринимать приложенные нагрузки.

Низконапорные грунтовые плотины, прорыв плотины, опасность затопления, надежность, динамическая нагрузка, поле влияния, система.

Введение. 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 др. К субъективным факторам относят ошибки в проектировании, низкое качество используемых грунтовых материалов, неудовлетворительное качество работ, отсутствие надежных методов контроля, устанавливающих качество текущей работы и отсутствие или ошибки в эксплуатации таких сооружений [2, 3]. Все эти события провоцируют возникновение чрезвычайных ситуаций, дестабилизируют экономику государства, приводят к увеличению пострадавших от таких происшествий и росту прямых и косвенных ущербов.

За последние 10 лет конца прошлого столетия в России от опасных природных и

техногенных процессов погибли более 3000 человек и пострадали около 200 тысяч [2].

В соответствии с [1] видно, что грунтовые плотины являются наиболее распространенным видом напорных гидротехнических сооружений и составляют 82,9 % от общего числа плотин мира. Учитывая особенности экономической ситуации сложившейся в 90-ые годы, в значительной степени, а в большинстве случаев полностью был утрачен финансовый и административный контроль над большей частью низко- и средненапорных сооружений на территории Российской Федерации, что в значительной степени повлияло на техническое состояние ГТС, большинство из которых перешло в категорию аварийных.

Поэтому важнейшей задачей является проблема узаконивания механизма эксплуатации бесхозных низко- и средненапорных грунтовых плотин. Также важно определить порядок сбора информации о техническом состоянии ГТС с оформлением соответствующих документов. ГТС не имеющие собственников несут в себе потенциальную опасность для жизни и здоровья людей, а также для имущественного фонда находящегося в потенциальной зоне затопления. Большинство таких сооружений было построено в период с 1970–1990 годы и предназначались для хозяйственных нужд населения (орошение и мелиорация сельскохозяйственных земель, водопоя крупного рогатого скота). Такие сооружения так же могут служить точками притяжения для совершения террористических актов потому, как не имеют соответствующей зоны отчуждения для гражданского населения.

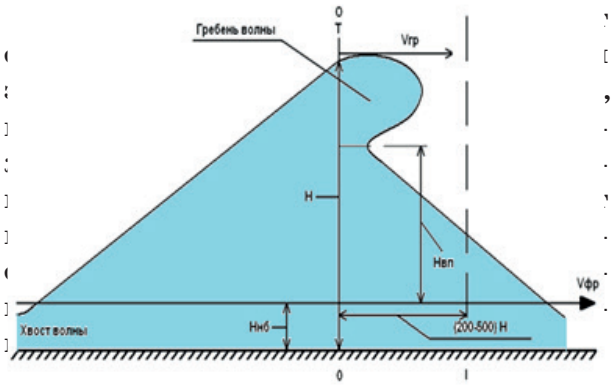


Рис. 1. **Волна прорыва**

Причинами прорыва ГТС, могут быть, как природные факторы (землетрясения, увеличение атмосферных осадков, оползни) так и конструктивные дефекты ГТС прогрессирующие во времени из-за ненадлежащего контроля за их состоянием [4]. Ответственность за ущерб, нанесенный в результате прорыва бесхозных ГТС несут администрации муниципальных районов на территории, которых они расположены. Однако оформить правоустанавливающие документы муниципалитеты не в состоянии, так как для этого требуются немалые средства.

Рис. 2. **Разрушение объектов инфраструктуры в нижнем бьефе после прорыва плотин**

Об оценке риска аварий на ГТС. Важно выработать системный подход к оценке риска аварий на ГТС, для этого необходимо произвести анализ состояния низко- и средненапорных плотин. Это позволит выработать организационно-технические решения, ряд практических мер по предупреждению опасности прорыва ГТС и сведет к минимуму угрозы для жизни и здоровья людей, а также имущественного фонда, и окружающей среды.

Сложность оценки риска аварий заключается еще и в многофакторности характеристик, потенциально влияющих на степень поврежденности тела плотины и ее основания. Например, полнота исходной информации, особенности геологии, климатическая зона размещения ГТС, а самое главное конструктивная схема и назначение объекта, что характеризуется режимом работы сооружения. При этом, если возникают отказы затворов водосбросных сооружений, то это можно классифицировать, как отказ механической части оборудования или отказ электрических систем, так похожих на аварии в промышленной сфере где все элементы «цепи-надежности» в достаточной степени стандартизированы. Аварии грунтовых плотин вследствие нарушения устойчивости или прочностных характеристик сооружения совсем не похожи на аналогичные в промышленности. Также нельзя забывать об анализе риска аварий на ГТС из-за ошибочных действий персонала, как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации сооружения.

В связи с этим возникает необходимость возможности оценки риска аварии, на основе многофакторной модели включающей максимально возможное количество критериев, а также учитывающей класс сооружения и его назначение (рис. 3) [7].

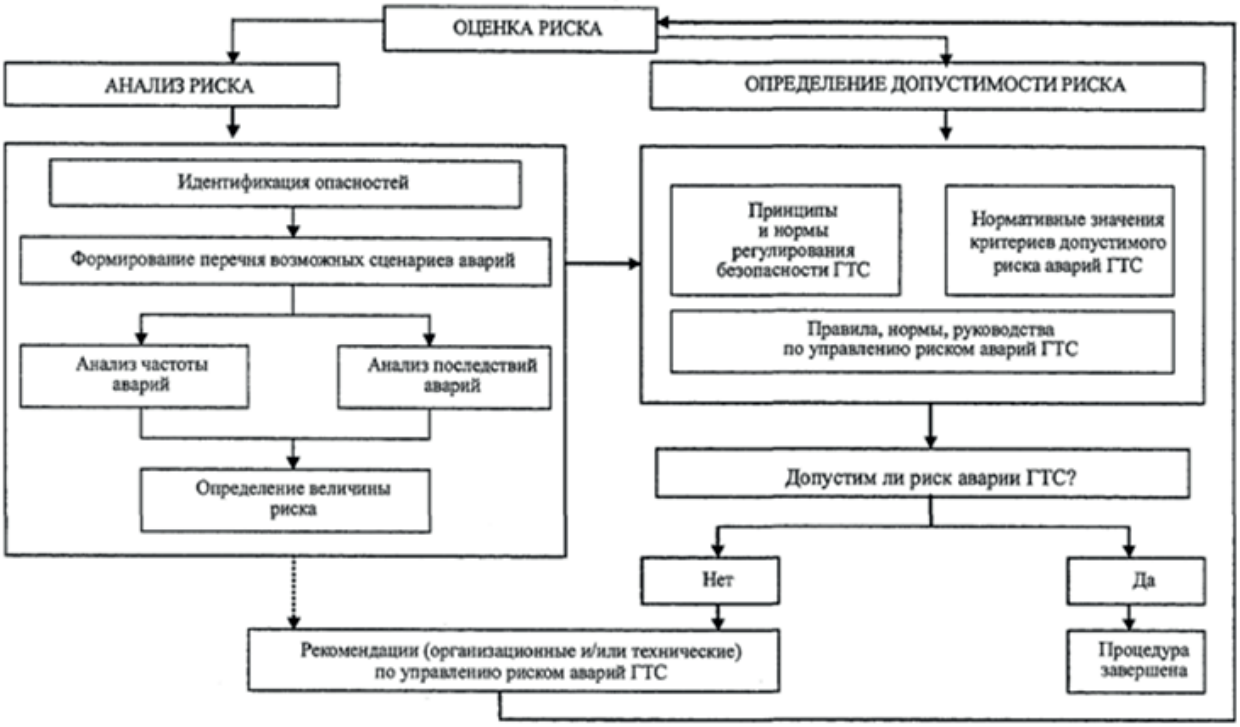


Рис. 3. **Основные составляющие процедуры анализа и оценки риска аварий ГТС [7]**

Анализ риска в обязательном порядке включает три основные стадии [7]:

идентификация опасностей – выявление всех возможных нежелательных явлений, процессов и событий, способных привести к аварии анализируемого сооружения; по результатам идентификации опасностей разрабатывается перечень сценариев аварий, возможных на сооружении;

анализ частоты – оценка (качественная и/или количественная) среднегодовой вероятности реализации выявленных на предыдущей стадии нежелательных явлений, процессов и событий, а также основных сценариев аварий, возможных на сооружении;

анализ последствий – оценка (качественная и/или количественная) ущерба (вреда) от возможных на анализируемом гидротехническом сооружении аварий, наносимого персоналу объекта, населению, имуществу и окружающей природной среде [7].

Многофакторная модель оценки риска аварии позволит в достаточной степени получить объективную информацию о состоянии ГТС и в необходимые сроки разработать план мероприятий по ликвидации угрозы затопления.

Организация и планирование работ по определению риска аварий гидротехнических сооружений предполагает проведение ряда подготовительных и практических мероприятий:

формализацию проблем, анализируемых гидротехнических сооружений;

определение источников информации о сооружении с оценкой его территориального расположения для определения предполагаемого ущерба в случае разрушения объекта;

определение критериев оценки риска аварии для конкретного сооружения.

Для объективной оценки технического состояния ГТС необходимо иметь и такие источники информации, как наличие собственника, проектной документации, исходной информация по местоположению и условиях эксплуатации сооружения (хотя бы за последние пять лет), данные об авариях на объекте, результаты предыдущих наблюдений и обследований, если такие имеются.

На этапе эксплуатации и реконструкции гидротехнического сооружения целью анализа риска является:

уточнение информации об основных опасностях (например, при изменении социально-экономической инфраструктуры в нижнем бьефе гидроузла);

оценка соответствия состояния ГТС и условий его эксплуатации современным нормам и правилам;

определение приоритетных мер по ремонту и реконструкции ГТС, обоснование эффективности затрат на ремонт и реконструкцию;

разработка декларации безопасности эксплуатируемого ГТС;

расчет вероятного вреда, который может быть причинен в результате аварии ГТС, обоснование страховых тарифов и ставок;

квалифицированное расследование причин имевших место аварий и неполадок на ГТС;

разработка рекомендаций по организации безопасной эксплуатации ГТС, взаимодействию с органами надзора, страховыми компаниями и др.;

совершенствование планов локализации аварийных ситуаций и действий в чрезвычайных ситуациях;

разработка антитеррористических паспортов объектов и др. [7].

На этапе вывода из эксплуатации и консервации гидротехнического сооружения целью анализа риска может быть:

обоснование необходимых и достаточных мер по выводу из эксплуатации и консервации объекта, обеспечивающих его безопасность на указанных стадиях жизненного цикла ГТС;

обоснование возможности размещения новых объектов на территории законсервированного сооружения и др. [7].

Критерии допустимого риска аварий гидротехнических сооружений могут быть заданы нормативно-правовыми актами или (до выхода в свет нормативов) определены на этапе организации и планирования работ. Основные требования к выбору критериев допустимого риска – их обоснованность и определенность. В общем виде основой для определения критериев допустимого риска являются:

отечественное и зарубежное законодательство по безопасности гидротехнических сооружений;

правила и нормы безопасности в области гидротехники;

дополнительные требования специально уполномоченных органов надзора и контроля за безопасностью ГТС;

сведения об имевших место авариях гидротехнических сооружений различных типов и их последствиях;

региональные законодательные и нормативные акты;

соглашение о допустимости риска аварий ГТС между заинтересованными сторонами;

опыт практической деятельности [7].

Динамические системы. В зависимости от региона эксплуатации, гидротехническое сооружение может эксплуатироваться в разных полях нагрузок. Например,

важно учитывать влияние динамических нагрузок в сейсмоактивных регионах на гидротехнические сооружения.

В связи с этим, существует проблема классификации нагрузок влияющих на гидротехническое сооружение. Например, поле влияния статических нагрузок на тело плотины и последствия от такового резко отличается от воздействия динамических нагрузок на тоже сооружение по времени воздействия и величине приложенных сил. Поэтому целесообразно уделить особое внимание сооружениям, потенциально попадающим под такое сочетание нагрузок, как на этапе проектирования, когда обосновывается конструкция тела сооружения, так и во время эксплуатации.

В поле влияния динамических нагрузок тело плотины можно рассмотреть, как динамическую систему. В такой системе можно выделить ряд динамических переменных, характеризующих состояние системы и что величины таких переменных в любой отрезок времени будут происходить из определенного набора по определенным правилам. Если состояние гидротехнического сооружения задается набором X-величин, то измеренное состояние во времени, или динамику изменения гидротехнического сооружения, можно представить как движение точки в X-мерном фазовом пространстве, которое называют фазовой траекторией.

Понятие динамической системы применительно к гидротехническому сооружению нельзя рассматривать как систему с чисто механическим содержанием, то есть совокупность сооружений связанных силовым взаимодействием и подчиняющихся системе дифференциальных уравнений вытекающих из законов Ньютона [4].

Итак, тело плотины можно представить, как динамическую систему, то есть как некое фазовое пространство. Тело грунтовой плотины не является однородной средой с точки зрения равномерного восприятия кратковременных динамических нагрузок, поэтому его проще рассматривать, как однофазную среду, состоящую из большого количества его идентичных копий. Поскольку определенный объем грунта представлен совершенно определенным количеством частиц грунта в данном объеме, то в фазовом пространстве данная система представляется облаком изображающих точек. С течением времени каждая изображающая точка может перемещаться в фазовом пространстве, в зависимости от приложенных нагрузок, как предписано динамическими уравнениями системы, так что форма облака и его размеры могут изменяться. Может случиться, что объем облака будет оставаться постоянным (рис. 4, а) [4].

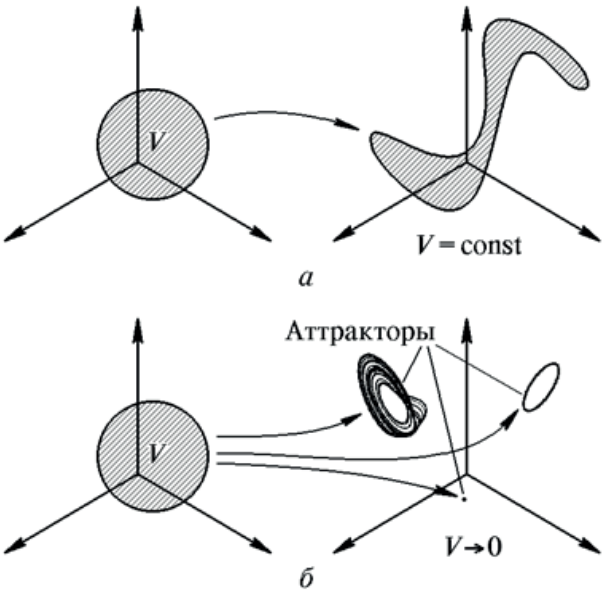


Рис. 4. **К определению консервативных (а), и диссипативных (б) динамических систем**

Это характерно для консервативных систем, к которым относятся, в частности, гамильтоновы системы. Для гамильтоновой системы размерность фазового пространства N четная; состояние задается набором динамических переменных (q_i, p_i) (где $i = 1,\ldots, N/2$), называемых обобщенными координатами и импульсами. Количество пар координат и импульсов, то есть величину, вдвое меньшую размерности фазового пространства, называют числом степеней свободы. Для систем с непрерывным временем динамика задается уравнениями Гамильтона:

$$p_i = \frac{\partial H(p_1, p_2, \ldots, p_{N/2}, q_1, q_2, \ldots, q_{N/2})}{\partial q_i};$$

$$p_i = \frac{\partial H(p_1, p_2, \ldots, p_{N/2}, q_1, q_2, \ldots, q_{N/2})}{\partial p_i}.$$

где $H(p_1, p_2, \ldots, p_{N/2}, q_1, q_2, \ldots, q_{N/2})$ – определенная для каждой данной системы функция N переменных именуемая гамильтонианом.

Гамильтонова система с дискретным временем в самом общем случае может быть выражена неявно, через одну функцию N переменных $F(p_1, p_2, \ldots, p_{N/2}, q'_1, q'_2, \ldots, q'_{N/2})$, называемую производящей функцией:

$$p_i = \frac{\partial F(q_1, q_2, \ldots, q_{N/2}, q_1, q_2, \ldots, q_{N/2})}{\partial q_i};$$

$$p_i = \frac{\partial F(q_1, q_2, \ldots, q_{N/2}, q'_1, q'_2, \ldots, q'_{N/2})}{\partial \dot{q}_i}.$$

Здесь величины отмеченные штрихами относятся к следующему моменту дискретного времени [4].

Если рассматривать работу грунтовой плотины, как диссипативную систему то для них характерно, что с течением времени облако изображающих точек концентрируется на одном или нескольких подмножествах фазового пространства обладающих нулевым фазовым объемом (рис. 4, б). Это означает, что режим, возникающий в системе предоставленной самой себе, в течение длительного времени, становится независящим от начального состояния (по крайней мере, при вариации начальных условий в некоторых конечных пределах). Простым примером аттрактора системы можно представить тело грунтовой плотины в нормальном эксплуатационном состоянии (в состоянии покоя).

Следует четко понимать, что понятие динамической системы есть теоретическая абстракция, как например материальная точка – частица грунта, несжимаемая жидкость, занимающая поровый объем грунта, газ в том же поровом объеме и др. Реальные гидротехнические сооружения могут рассматриваться, как динамические системы только в определенном приближении, в той мере, в какой при описании динамики можно игнорировать тонкие детали внутренней структуры грунта и его способности воспринимать приложенные нагрузки [4].

Вывод

Таким образом, чтобы показать многофазовую неоднородность и нестабильность гидротехнических сооружений из грунтовых материалов и невозможность объективной оценки показателя эксплуатационной надежности по «стандартному» набору критериев, из-за невозможности отнести их ни к статическим, ни к динамическим системам, потому что существует множество неконтролируемых показателей «областей системы», поведение которых при различных кратковременных динамических и квазидинамических нагрузках сложно предсказать, в сравнении с «идеальной» динамической системой, где по исходному состоянию зная силы, действующие на систему и ее физическую сущность, можно определить конечное состояние.

Библиографический список

1. World Register of Dams. – Paris: ICOLD, 1985. – 753р.

2. **Жарницкий В. Я., Андреев Е. В.** Проблемы эксплуатационной надежности и безопасности грунтовых плотин // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 1. – С. 42–47.

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

4. **Кузнецов В. С.** Критерии оценки надежности и безопасности грунтовых плотин // Известия ВНИИГ имени Б. Е. Веденеева. – Т. 238. – М.: Стройиздат, 1983.

5. **Кузнецов С. П.** Динамический хаос. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2001. – 296 с.

6. Министерство по чрезвычайным ситуациям РФ. МЧС России // [Эл. документ].

7. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. СО 153-34.20.501-2003 [Электронный ресурс]. – URL: http://znaytovar.ru/ gost/2/ SO_15334205012003_Pravila_texn.html (Дата обращения 28.01.2016).

8. Методические указания по проведению анализа риска аварий гидротехнических сооружений: СТП ВНИИГ 210.02. НТ-04. – С.-Пб.: ВНИИГ имени Б. Е. Веденеева, 2005.

Материал поступил в редакцию 02.11.2015.

Сведения об авторах

Жарницкий Валерий Яковлевич, доктор технических наук, профессор кафедры оснований и фундаментов, строительства и экспертизы объектов недвижимости; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени

К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44; тел.: +7-905-720-30-72; e-mail: zharnitskiy@mail.ru.

Андреев Евгений Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры оснований и фундаментов, строительства и экспертизы объектов недвижимости; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44; тел.: +7-929-648-09-27; e-mail: Andreev-rf@mail.ru.

V. YA. ZHARNITSKIY, E. V. ANDREEV
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

EARTH DAMS AS AN OBJECT OF THE DYNAMIC SYSTEM

Break of soil dams always happens unexpectedly and spontaneously. Therefore for the timely warning about an emergency situation topical questions of improvement and development of risk forecasting systems of such situations are still urgent. The system approach to the assessment of accidents risk of soil dams on the basis of the characteristics which potentially influence the damage degree of the dam body and its basis where in the field of influence of dynamic loadings the dam body is considered as a dynamic system in which a number of dynamic variables characterizing the condition of the system stands out and the values of such variables are given in any interval of time from a certain set according to certain rules. It is noted that the conception of a dynamic system is a theoretical abstraction, as an example, a material point – a ground particle, incompressible liquid occupying a porous volume of ground, gas in the same porous volume etc. Actual hydraulic engineering structures can be considered as dynamic systems only in the certain approximation, in such a measure when at the description of the dynamics it is possible to ignore thin details of the internal structure of soil and its capability to take the applied loading.

Low-head soil dams, dam break, risk of flooding, reliability, dynamic load, field of influence, system.

References

1. World Register of Dams. – Paris: ICOLD, 1985. – 753p.

2. **Zharnitskiy V. Ya., Andreev E. V.** Problems of operational reliability and safety of earth dams // Izvestiya vuzov. Geodesy and aerosurveying. – 2013. – № 1. – P. 42–47.

3. **Zharnitskiy V. Ya., Andreev E. V.** Principles of formalization in building a mathematical model of assessment of reliability of low-head earth dams // Environmental engineering. – 2012. – № 4. – P. 39–44.

4. **Kuznetsov V. S.** Criteria of assessment of reliability and safety of soil dams // Izvestiya VNIIG named after B.E. Vedeneev. – V. 238. – M.: Strojizdat, 1983.

5. **Kuznetsov S. P.** Dynamic chaos. – M.: Publishing house of physical-mathematical literature, 2001. –

296 p.

6. The RF Ministry of emergency situations. MCHS of Russia // [El. Document].

7. Rules of technical operation of power stations and networks of the Russian Federation. CO CO 153-34.20.501-2003 – URL: http://znaytovar.ru/ gost/2/ SO_15334205012003_Pravila_texn.html

8. Methodological instructions on carrying out an analysis of accidents risks of hydraulic structures: CTP VNIIG 210.02. HT-04. – S.-Pb.: VNIIG named after B.E. Vedeneev, 2005.

Received on November 2, 2015.

Information about the authors

Zharnitskiy Valeriy Yakovlevich, doctor of technical sciences, professor of the chair of bases and foundations, construction and examination of real estate objects; FSBEU HE RSAU-MTAA; 127550, Moscow, ul. Boljshaya Academicheskaya, 44; tel.: +7-905-720-30-72; e-mail: zharnitskiy@mail.ru.

Andreev Yevgeniy Vladimirovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of bases and foundations, construction and examination of real estate objects; FSBEU HE RSAU-MTAA; 127550, Moscow, ul. Boljshaya Academicheskaya, 44; tel.: +7-929-648-09-27; e-mail: Andreev-rf@mail.ru.

УДК 502/504 : 628.171

С. Н. КАРАМБИРОВ, П. М. УМАНСКИЙ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ УЧАСТКОВ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Рассмотрено применение кластерного анализа и нейронных сетей для оценки правильности проектирования и эксплуатации действующей системы водоснабжения. Основными признаками, характеризующими участки сети, являются условные проходы, скорости воды, расходы, потери напора. Рассмотрение ведется на примере реального объекта (г. Кингисепп в Ленинградской области). Отмечается, что Для оценки эффективности работы напорных гидравлических систем используют стоимостные и физические категории, например, себестоимость 1 м^3 воды, ее качество, затраты на строительство, реконструкцию и эксплуатацию системы, обеспечение бесперебойности подачи воды потребителям и т. д. Приводятся алгоритмы обучения нейронной сети, в качестве которой принят слой Кохонена. В результате получены центры кластеров, вокруг которых группируются данные. Рассмотрены кластеризации участков: по условным проходам и скоростям, по диаметрам и расходам, по диаметрам и потерям напора. Кластеризация участков позволяет обозначить границы применения кластерного анализа и отрегулировать механизм интерпретации результатов. Сделан вывод, что кластерный анализ позволяет разделить участки действующей системы водоснабжения на несколько групп со сходными параметрами и сделать заключение о правильности проектирования и эксплуатации системы.

Система подачи и распределения воды, водоснабжение, гидравлические расчеты, кластерный анализ, нейронные сети.

Введение. Для оценки эффективности работы напорных гидравлических систем используют стоимостные и физические категории, такие, как себестоимость 1 м^3 воды, ее качество, затраты на строительство, реконструкцию и эксплуатацию системы, обеспечение бесперебойности подачи воды потребителям и др.

Вместе с тем, остаются в стороне такие характеристики системы, как разделение потребителей (узлов сети) по отборам и располагаемым напорам в штатных и аварийных ситуациях; определение сходных гидравлических условий при переходных процессах; выявление близких параметров элементов системы при случайном характере отбора воды; нахождение тенденций упорядочения отдельных участков труб по условным проходам и скоростям течения воды в них, диаметрам и расходам и др. [1–3].

Такие объединения характеризуют правильность проектирования и эксплуатации системы, как правило, не имеют признаков функциональных зависимостей и обычно относятся к конкретному гидравлическому объекту. Применение к нему традиционных подходов регрессивного анализа не всегда является эффективным. Конструктивным в данном случае оказалось использование методов классификации и кластеризации. Оба подхода имеют много общего, но классификация образов предполагает наличие предварительно определенных классов, задание которых для напорных гидравлических систем возможно лишь в редких случаях.

По этой причине основное внимание уделялось задачами кластеризации, которые помещают близкие образы в один кластер. В данной статье авторы рассматривают только кластеризацию участков сети.

Материалы и методы. В качестве объекта изучения выбрана водопроводная сеть г. Кингисеппа Ленинградской области. План сети приведен на рисунке 1, на котором показаны номера узлов сети. Для идентификации участков используется матрица вершин, приведенная в таблице. В качестве инструмента кластеризации использовались нейронные сети и, в частности, слой Кохонена. За последние годы интерес к нейронным сетям существенно возрос. Они применяются в финансах, бизнесе, медицине, промышленности, технике, геологоразведке и других областях, где требуется решать задачи прогнозирования, классификации или управления. Они применимы практи-

чески в любой ситуации, когда имеется связь между переменными, даже если эта связь имеет сложную природу и ее трудно выразить в обычных терминах корреляций или различий между группами. Сила нейронных сетей заключается в их способности самообучаться.

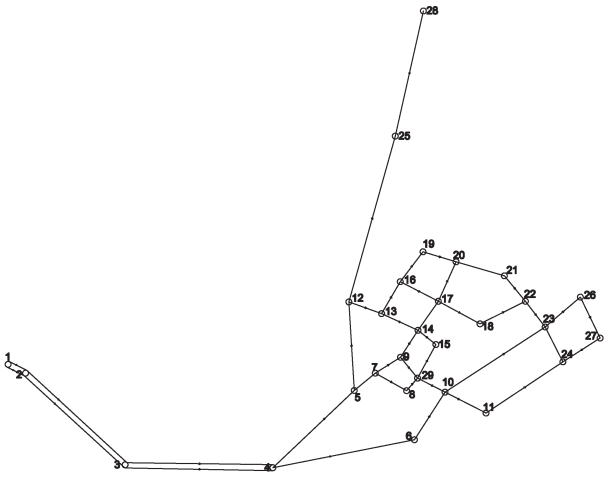


Рис. 1. **План сети г. Кингисеппа**

Идея нейронных сетей возникла в результате попыток смоделировать деятельность человеческого мозга.

Ключевым здесь является понятие нейрона – нервной клетки, способной воспринимать, преобразовывать и распространять сигналы. В общем виде, в состав нейрона входят умножители (синаптические веса), сумматор и нелинейный преобразователь.

Существует много разновидностей нейронных сетей. Для решения задач кластеризации наиболее подходит сеть, известная под названием слой Кохонена.

На вход искусственного нейрона поступает некоторый вектор сигналов. При обучении по правилу Кохонена, относящемся к соревновательным методам обучения, в слое сети изменяются веса только одного нейрона-победителя, у которого веса признаются наиболее близкими к значениям входного сигнала. В качестве меры близости используется либо скалярное произведение вектора входа на вектор весов, либо расстояние между этими векторами:

$$d_j = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \omega_{ij})^2},$$

где n – размерность входного вектора; ω_{ij} – вес связи между i-тым входом и j-тым нейроном; x_i – i-тая координата входного вектора.

Матрица вершин сети

Матрица вершин					
№ участка	Начальный узел	Конечный узел	№ участка	Начальный узел	Конечный узел
1	1	2	22	13	16
2	1	2	23	14	13
3	2	3	24	14	17
4	2	3	25	10	23
5	3	4	26	11	24
6	3	4	27	16	19
7	4	6	28	17	16
8	4	5	29	17	20
9	5	7	30	17	18
10	6	10	31	18	22
11	7	8	32	19	20
12	8	29	33	20	21
13	10	29	34	22	21
14	29	9	35	23	22
15	10	11	36	23	24
16	7	9	37	23	26
17	5	12	38	26	27
18	9	14	39	24	27
19	29	15	40	12	25
20	15	14	41	25	28
21	12	13			

Соревновательное обучение используется, например, при кластеризации данных. Похожие последовательности входных данных группируются сетью и представляются одним и тем же выходом.

Алгоритм обучения состоит из следующих шагов:

1. Присвоение весам связей случайных малых значений.

2. Подача на входы сети вектора данных X.

3. Коррекция весов нейрона-победителя j по правилу:

$$\omega_{ij}(t+1) = \omega_{ij}(t) + \alpha(x_i - \omega_{ij}(t)),$$

где α – коэффициент, регулирующий скорость обучения.

4. Выполнение шагов 2 – 3 вплоть до того, когда выходы сети не застабилизируются с требуемой точностью.

После обучения весовые коэффициенты образуют центры кластеров [4].

Кластеризация участков по основным признакам (диаметрам, скоростям, потерям напора, расходам и др.) обычно служит для констатации правильности или ошибочности решений, принятия некоторых тенденций к сведению, определения возможности нахождения регрессионных связей и др. Кроме того, кластеризация участков позволяет обозначить границы применения кластерного анализа и отрегулировать механизм интерпретации результатов.

Результаты и обсуждение. Авторы статьи исследование начали с рассмотрения кластеризации участков гидравлической сети по условным проходам труб и скоростям воды в них (рис. 2).

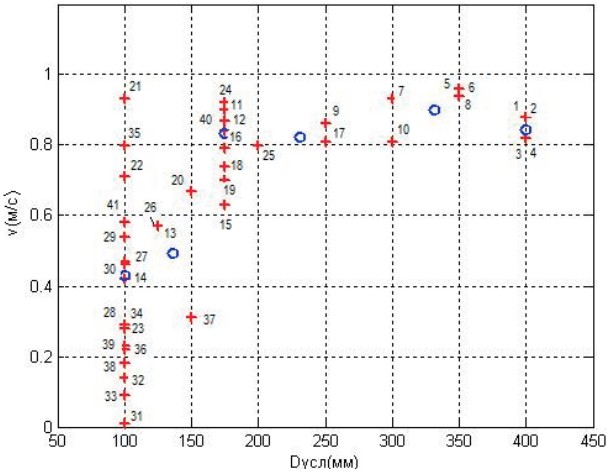


Рис. 2. **Кластеризация участков по условным проходам и скоростям:** цифрами у крестиков обозначены номера участков, а кружочками – центры кластеров

Так как диаметры выбираются из стандартного ряда сортаментов труб, значения признаков по оси абсцисс дискретны. Центры кластеров лежат или на фиксированных значениях условных проходов (для $D_{усл}$ = 100, 175 и 400 мм) или между ними (для $D_{усл}$ = 125...150, 200...250 и 300...350 мм).

Наиболее распространенным диаметром является 100 мм. Это трубы на периферии сети, где разбор воды не велик и отсутствуют крупные промышленные предприятия. Поскольку, по требованиям СНиП из условия пожарной безопасности, не разрешается укладка труб с диаметром меньше 100 мм, разброс скоростей для него наиболее широк и лежит в диапазоне от величины, близкой к 0, до величины, близкой к 1 м/с. Центр кластера при аргументе 100 мм смещен внутри диапазона скоростей в сторону меньших значений (≈0,42 м/с), где точки расположены гуще, что объясняется отмеченным выше обстоятельством.

Второй слева кластер образует участки с условными проходами 125 и 150 мм, которые нейронная сеть отнесла к одной группе (классу). Центр кластера (136; 0,5) показывает усредненные значения признаков.

Третий кластер образует только участки с $D_{усл}$ = 175 мм, его центр (175; 0,83) и все последующие центры кластеров, расположенных правее, попадают в область «оптимальных» скоростей 0,7...1,5 м/с, что говорит о правильности подбора диаметров.

Четвертый и пятый кластеры образуют участки с условными проходами 200...250 и 300...350 мм соответственно.

Наконец, последний шестой кластер состоит из двух пар параллельных участков с условным проходом 400 мм и усредненной скоростью воды 0,84 м/с.

В целом можно отметить, что сеть спроектирована правильно.

Следующая карта признаков задает кластеризацию участков по условным диаметрам и расходам в них (рис. 3).

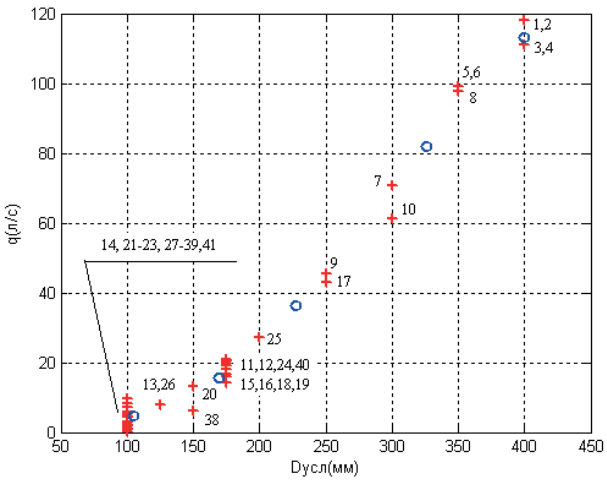


Рис. 3. **Кластеризация участков по диаметрам и расходам**

В этом случае кластеры легко

угадываются, а их центры лежат на функциональной зависимости, что легко понять, если в формуле расхода:

$$q = \frac{\pi D^2}{4} \upsilon,$$

принять в качестве скорости υ наиболее распространенное значение ≈0,84 м/с (см. рис. 2).

И в качестве последнего примера приведем кластеризацию участков по диаметрам и потерям напора (рис. 4). Здесь справедливы замечания, сделанные для кластеризации на рис.2. Кластеры хорошо отделимы, а их центры хаотично меняются по потерям в узком, диапазоне от 2 до 6 м, что интуитивно представляется положительным фактором. Точки расположены достаточно близко к центрам кластеров. Единственным исключением является участок 40 (12...25) с потерей напора 16 м. Представляется, что диаметр этого участка следует увеличить.

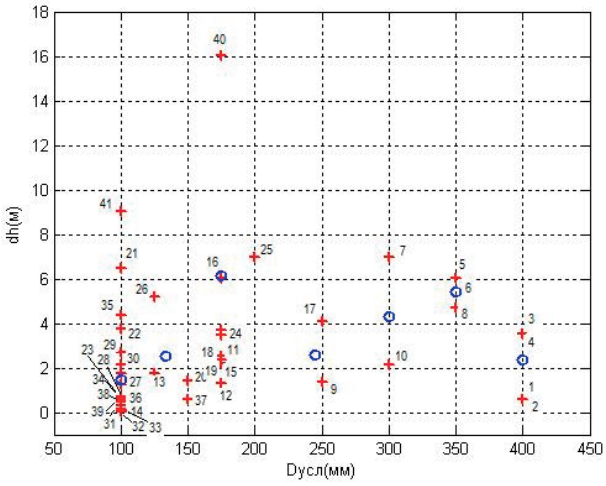


Рис 4. **Кластеризация участков по диаметрам и потерям напора**

Выводы

Кластерный анализ позволяет разделить участки действующей системы водоснабжения на несколько групп со сходными параметрами и сделать выводы о правильности проектирования и эксплуатации.

Библиографический список

1. **Карамбиров С. Н., Бекишева Л. Б.** О некоторых статистических закономерностях водопотребления в системах водоснабжения // Природообустройство. – 2012. – № 4. – С. 45–48.

2. **Карамбиров С. Н.** Математическое моделирование систем подачи и распределения воды в условиях многорежимности и неопределенности: монография. – М.: МГУП, 2004. – 196 с.

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

4. **Дьяконов В. П., Круглов В. В.** MATLAB 6.5 SP1/7/7 SP1/7 SP2+Simulink5/6. Инструменты искусственного интеллекта и биоинформатики. Серия «Бибилиотека профессионала». – М.: Солон-Пресс, 2006. – 456 с.

Материал поступил в редакцию 15.10.2015.

Сведения об авторах

Карамбиров Сергей Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры информационных технологий в строительстве; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44; тел.: 8(499)153-97-66; e-mail: karamba.msuee@mail.ru.

Уманский Петр Михайлович, старший преподаватель кафедры эксплуатации, электрификации и автоматизации технических средств и систем природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44; тел.: 8(499)976-18-69.

S. N. KARAMBIROV, P. M. UMANSKY
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

CLUSTER ANALYSIS OF PARTS OF WATER SUPPLY NETWORK

There is considered an application of the cluster analysis and neural networks for assessment of the correctness of designing and operation of the existing system of water supply. The main indicators characterizing network parts are conditional passages, water speeds, consumptions, losses of head. The consideration is carried out by the example of a real object (town Kingisepp in the Leningrad area). It is noted that for the assessment of the efficiency of operation of head hydraulic systems they use value and physical categories, eg. cost of 1 m^3 water, its quality, expenditures on building, reconstruction and operation of the system, provision of continuous water supply to consumers, etc. There are given training algorithms of the neural network which is represented by Kohonen layer. As a result there are obtained centers of clusters around which the data are grouped. There is considered clustering of parts: according to conditional passages and speeds, diameters and consumptions, diameters and losses of head. Clustering of parts allows to indicate boundaries of cluster analysis application and to regulate a mechanism of results interpretation. The conclusion is drawn that cluster analysis makes it possible to divide the parts of the existent system of water supply into several groups with similar parameters and draw a conclusion on the correctness of designing and operation of the system.

System of water supply and distribution, water supply, hydraulic calculations, cluster analysis, neural networks.

References

1. **Karambirov S. N., Bekisheva L. B.** About some statistical regularities of water consumption in systems of water supply // Environmental engineering. – 2012. – № 4. – P. 45–48.

2. **Karambirov S. N.** Mathematical simulation of systems of water supply and distribution under the conditions of multiplicity and fuzziness: monograph. – M.: MSUEE, 2004. – 196 p.

3. **Karambirov S. N.** New approaches in simulation and optimization of pipeline systems. Fundamentals, concepts, methods. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 355 p.

4. **Djakonov V. P., Kruglov V. V.** MATLAB 6.5 SP1/7/7 SP1/7 SP2+Simulink5/6. Instruments of artificial intellect and bioinformatics, Series «Library of a professional». – M.: Solon-Press, 2006. – 456 p.

Received on October 15, 2015.

Information about the authors

Karambirov Sergej Nikolaevich, doctor of technical sciences, professor of the chair of informational technologies in construction; FSBEI HE RSAU-MTAA; 127550, Moscow, ul. Boljshaya Academicheskaya, 44; tel.: 8(499)153-97-66; e-mail: karamba.msuee@mail.ru.

Umansky Petr Mikhailovich, senior lecturer of the chair of operation, electrification and automation of technical means and systems of environmental engineering and protection in emergency situations; FSBEI HERSAU-MTAA; 127550, Moscow, ul. Boljshaya Academicheskaya, 44; tel.: 8(499)976-18-69.

УДК 502/504 : 551.311.2 : 551.33

О. Я. МАСЛИКОВА
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт водных проблем Российской академии наук, г. Москва

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ СНЕГОТАЯНИЯ НА ЛАБОРАТОРНОЙ МОДЕЛИ*

В гидравлической лаборатории Российского университета дружбы народов выполнены измерения количества тающего снега в реальном времени, исследован процесс непрерывного снеготаяния с последующей инфильтрацией талых вод в грунт. Рассмотрено воздействие инфракрасного (ИК) и ультрафиолетового (УФ) излучения на снежный покров. Получены зависимости изменения альбедо снега в процессе таяния. Работа является продолжением исследования динамики берегового склона водных объектов в условиях криолитозоны. Интенсивность воздействия на снег ИК и ИФ излучения ослабевает с глубиной по закону Бугера-Ламберта. Облачность является задерживающим фактором только для ИК участка спектра. Поэтому в дневные часы воздействие ультрафиолета на снеготаяние происходит при любой погоде (кроме дождливой), тогда как инфракрасное излучение действует непосредственно лишь в ясные дни. Под воздействием ИК излучения альбедо снежного покрова изменяется и достигает нулевого значения быстрее,хотя начальное значение альбедо свежевыпавшего снега близко к 1, что означает практически полное отражение в начале таяния. УФ-волны практически сразу проникают вглубь снега, чем и объясняется меньшее отражение с поверхности, но альбедо под воздействием УФ-лучей уменьшается с меньшим коэффициентом.

Криолитозона, оттаивание грунтов, снеготаяние, солнечная радиация, альбедо снега.

Введение. Природная среда в средних и высоких широтах Северного полушария наиболее чувствительна к наблюдающимся глобальным изменениям климата. Весеннее изменение температуры, а вместе с ней и превращение снега в воду играют роль даже большую, чем влияние дождевых потоков. Это выражается в том, что процесс таяния в некоторых случаях происходит в течение нескольких суток, и все твердые осадки, накопившиеся за зимний период (их толщина может достигать нескольких метров), превращаются в потоки воды, провоцируя интенсивные береговые процессы. Быстрое таяние снега в период резкого потепления вкупе с дождевыми осадками также может являться причиной весенних паводков.

При *радиационном* снеготаянии под действием проникающих в снежную толщу солнечных лучей снег тает не только на поверхности, но и в верхнем слое толщиной 20...40 см. Это характерно для континентальных территорий Сибири, Заволжья. В [2] отмечается, что снег тает уже в первые дни весны, когда температура воздуха еще ниже нуля, а солнечная радиация уже оказывает ощутимое воздействие. Таяние начинается не сверху, а в глубине снежного покрова под поверхностной прозрачной ледяной пленкой. Это явление называют «парниковым эффектом». Снег совершенно непрозрачен для лучей длинных волн красной части спектра. Он их почти полностью отражает. Зато коротковолновые лучи проходят сквозь тонкий поверхностный слой снега свободно. Этот слой становится своеобразным «ледяным стеклом», не пропускающим собственное длинноволновое излучение глубинных слоев и защищающим их тем самым от охлаждения. В Сибири этот механизм часто обеспечивает таяние и сток основной массы снега при отрицательных температурах воздуха.

В районах России с морским климатом, например в западных областях Карелии, преобладает второй тип снеготаяния – *конвективный* (или адвективный, по определениям различных авторов): снеготаяние только за счет обмена теплом с воздухом.

Конвективное снеготаяние происходит при пасмурной погоде за счет притока теплых воздушных масс. Этот процесс часто усиливается выпадением жидких осадков и может продолжаться круглые

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 15-05-00342).

сутки. Таяние снега происходит в две стадии: днем талая вода скапливается в крупных порах и движется вниз, оплавляя кристаллы снега; ночью же замерзает. Это явление повторяется много раз и приводит к перекристаллизации снега.

Таяние снега. Таяние снега [3] происходит, когда температура его поверхности становится равной 0 °С. Скорость таяния M выражается в кг/(м^{2}с), или мм/с для водно-эквивалентной толщины слоя и определяется как:

$$M = E_{melt}/L_i, \quad (1)$$

где L_i = 334 Дж/кг – удельная теплота таяния (замерзания); E_{melt} – затраты тепла на таяние, то есть количество тепла, поступившее на поверхность снега, когда его температура уже поднялась до 0 °С.

Наиболее часто задача расчета снеготаяния решается на основе использования уравнения теплового баланса:

$$E_{melt} = I_s + I_{иа} + I_{ив} + -I_т + -I_{ик}, \quad (2)$$

E_{melt} – итоговый приход тепла к снегу в ккал/см^2; I_s – суммарная радиация; $I_{иа}$, $I_{ив}$ – излучение атмосферы и воды; $I_т$ – турбулентный теплообмен с атмосферой; $I_{ик}$ – теплообмен с атмосферой при испарении и конденсации.

Известно [4], что коротковолновая часть радиации может проникать в снежную толщу на несколько десятков сантиметров. Известно также, что закон, по которому интенсивность радиации ослабевает с глубиной, имеет вид (закон Бугера-Ламберта):

$$I(z) = I_0 e^{-\beta z}, \quad (3)$$

где $I(z)$ – интенсивность радиации на глубине z м от поверхности снега; β – коэффициент *экстинкции* (ослабления), м$^{-1}$.

Различные авторы предлагают использовать различные значения коэффициента экстинкции β и его зависимости от плотности снега, от размера кристаллов льда в снеге, от его влажности, от участка спектра падающей радиации и др. Так, например, существует большая разница в значении β для коротковолнового и длинноволнового участков спектра. В [5] предложено значение β = 10 м$^{-1}$ для коротких волн и 250 м$^{-1}$ для длинных.

Зная о свойстве УФ-радиации проникать вглубь непрозрачных веществ (например, облаков), можно предположить, что облачность является задерживающим фактором только для ИК участка спектра. Поэтому в дневные часы воздействие ультрафиолета на снеготаяние происходит при любой погоде (кроме дождливой), тогда как инфракрасное излучение действует непосредственно лишь в ясные дни.

Из [6], [7] известны распределения мощности солнечного излучения на территории Земли, территории России, продолжительность солнечного излучения на той или иной территории. В средних широтах в дневное время значение потока солнечного излучения достигает 800 Вт/м^2, снижаясь до 250...300 Вт/м^2 зимой. Видимый свет занимает узкий интервал длин волн, всего 0,40...0,76 мкм. Однако в этом интервале заключается 47 % всей солнечной лучистой энергии, то есть почти половина. На инфракрасное излучение приходится 44 %, а на ультрафиолетовое – 9 % всей лучистой энергии.

Наибольшую интенсивность поток энергии имеет в мае, июне и июле. В этот период в средней полосе России на 1 м^2 поверхности приходится 5 кВт.час в день. Наименьшая интенсивность в декабре–январе, когда 1 кв. метр поверхности приходится 0,7 кВт.час в день. При безоблачном небе суммарная радиация имеет суточный ход с максимумом около полудня и годовой ход с максимумом летом.

Если интенсивность падающей на поверхность снега радиации задана, то различия во времени поглощенной снегом энергии будут результатом различий в значениях *альбедо* снега.

$$I = I_0 - I_0 A = I_0(1 - A), \quad (4)$$

где I_0 – интенсивность падающей радиации; A – коэффициент отражения (альбедо).

Изменение коэффициента отражения снега в период снеготаяния объясняется изменением физических свойств снега [4]. Коэффициент отражения свежевыпавшего снега изменяется медленно в зимнее время и очень быстро в период снеготаяния.

Наибольшим альбедо обладает свежевыпавший снег (0,90...0,97), сухой снег имеет альбедо 0,75...0,85, старый тающий – 0,40...0,60, влажный загрязненный – около 0,20.

В тех работах, которые учитывают изменение альбедо снега, чаще всего эти изменения связывают с температурой поверхности снега или с его возрастом. В [5] дан обзор моделей, которые учитывают изменение альбедо в зависимости от диаметра снежных зерен и зенитного угла Солнца, а также зависимость коэффициента поглощения от диаметра зерен и плотности снега. В [8] приведены данные измерений интенсивности отраженной радиации над площадками с за-

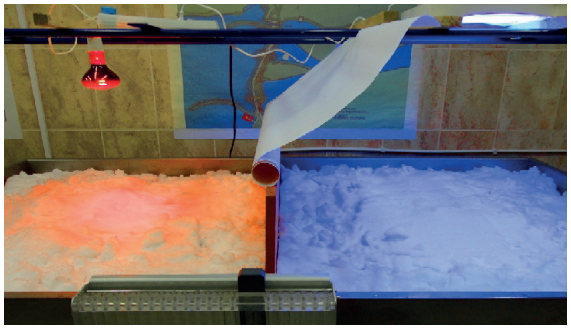
грязненным в различной степени снегом и получена зависимость альбедо от поверхностной концентрации примеси. Эта зависимость также может быть использована для расчетов снеготаяния.

В работе [7] на основе данных наблюдений со спутников Nimbus, опубликованных в атласах NASA, были построены графики широтных распределений величин альбедо для наиболее характерных месяцев и графики вариаций альбедо по месяцам.

Таким образом, при расчете процесса снеготаяния в конкретной географической области мы можем получить из разных источников все необходимые данные (интенсивность солнечной радиации в рассматриваемых нами районах, альбедо в данных районах и его временной изменчивости, а также прогноз облачности и карты распределения температур над нужным регионом) для решения системы уравнений (1) – (4), полностью описывающей процесс снеготаяния. В лабораторных условиях была проведена верификация данной модели, сравнение рассчитанных и наблюденных результатов и исследование изменения альбедо от длины падающей волны.

Экспериментальные исследования на лабораторной модели. Исследование влияния *конвективной* составляющей на процесс снеготаяния проводились в гидравлической лаборатории РУДН на установке, позволяющей моделировать дождевые потоки различной интенсивности, одновременно измеряя как скорость и количество инфильтрационных потоков, так и количество бокового стока. Результаты этих экспериментов приведены в [9] и [10].

Также проводились исследования влияния *радиационной* составляющей на процесс снеготаяния. Для этого в гидравлической лаборатории РУДН были поставлены эксперименты с воздействием инфракрасного (ИК) и ультрафиолетового (УФ) излучения на снежный покров. В процессе эксперимента измерялись количества тающего снега в реальном времени. Талые потоки просачивались через подстилающий грунт (в нашем случае – люберецкий песок), предварительно охлажденный до 0…2 °С. Измеренния проводились при примерно одинаковой мощности ламп (100 Вт), что дало возможность выявить разницу воздействия разной длины излучений на снеготаяние при прочих равных условиях (температура окружающей среды, плотность и структура снега, толщина снежного покрова). Также при этих же условиях проводился эксперимент со свободным (без воздействия излучения) таянием. Для всех трех случаев были построены графики зависимости количества талых потоков от времени (рис. 1).



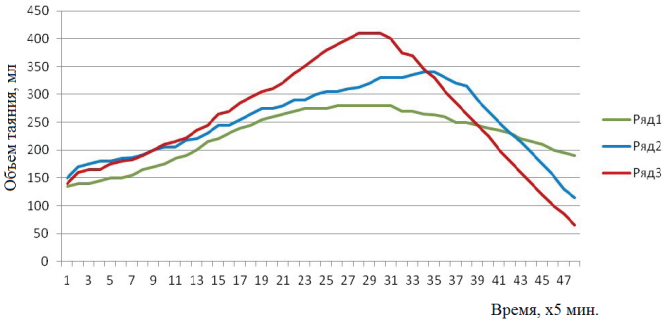


Рис. 1. **Эксперимент с одинаковой мощностью длиновонового и коротковолнового участков спектра:** Ряд 1 – свободное таяние; Ряд 2 – УФ; Ряд 3 – ИК; мощности ламп в обоих случаях одинаковы (100 Вт)

Так как во всех трех случаях присутствует одинаковая конвективная составляющая снеготаяния (эксперименты проводились при определенных начальных условиях), были получены графики зависимости снеготаяния исключительно от воздействия УФ и ИК-радиации путем вычитания из полученных экспериментально зависимостей графика свободного (конвективного) таяния (рис. 2 – участок возрастания объема таяния). Из рисунка 2 видно, что объем таяния возрастает от времени при постоянном внешнем воздействии ламп. Это объясняется изменяющейся структурой снега и, как следствие, изменением его влагоудерживающей способности.

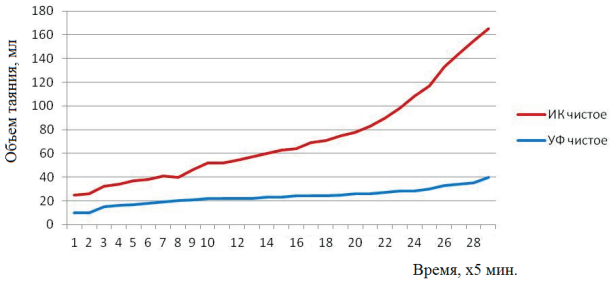


Рис. 2. **Объемы снеготаяния под влиянием УФ (синяя линия) и ИК (красная линия) участков спектра (без воздействия тепловой составляющей)**

В системе уравнений (1) – (4) для лабораторных условий пренебрегали излучением атмосферы и воды, затратами тепла на испарение и конденсацию и учитывали исключение в полученных графиках конвективной составляющей, получили:

$$M = \frac{I_0 e^{-\beta z}}{L_i}(1 - A), \qquad (5)$$

где β – коэффициент экстинкции; A – альбедо снежного покрова.

Таяние происходит во всей снежной толще. Талые потоки, рассчитанные по закону Бугера-Ламберта на всех слоях, суммируются с приходящими с верхних горизонтов. В итоге подстилающей поверхности достигает сумма этих потоков, вычисляемая суммированием формулы (5) по координате z (от $-z$ до 0). После интегрирования данного выражения по толщине снежного покрова, получено:

$$M = \int_{-z}^{0} \frac{I_0 e^{-\beta z}}{L_i}(1 - A)\mathrm{d}z = \frac{I_0(1 - A)}{L_i \beta}(1 - e^{-\beta z}), \qquad (6)$$

Формула (6) описывает характер снеготаяния по времени в зависимости от интенсивности падающей солнечной радиации, толщины изначального снежного покрова и коэффициента экстинкции. Все параметры – постоянные величины, кроме изменяющегося во времени альбедо. Из формулы видно, что при отсутствии снежного покрова (толщина z=0) никакого таяния происходить не будет.

Исследование изменения альбедо снежного покрова по данным экспериментов. Из уравнения (6) можно получить график зависимости альбедо от времени при воздействии лучей разной природы:

$$A(t) = 1 - \frac{M L_i \beta}{I_0(1 - e^{-\beta z})}. \qquad (7)$$

Для объема таяния преобразовали полученный экспериментальный график (рис. 2) до вида (мл/сек) и проинтерполируем его. В результате линия тренда под воздействием ИК-лучей приобрела вид $V_{эксп} = 21{,}6e^{0{,}00016t}$, $\beta = 250$ м$^{-1}$; под воздействием УФ-лучей $V_{эксп} = 11{,}8e^{0{,}00008t}$, $\beta = 10$ м$^{-1}$. Подставляя эти зависимости в (7) и учитывая, что скорость таяния M есть производная объема таяния $V_{эксп}$ по времени, можно построить графики изменения альбедо от времени в процессе таяния снега (рис. 3).

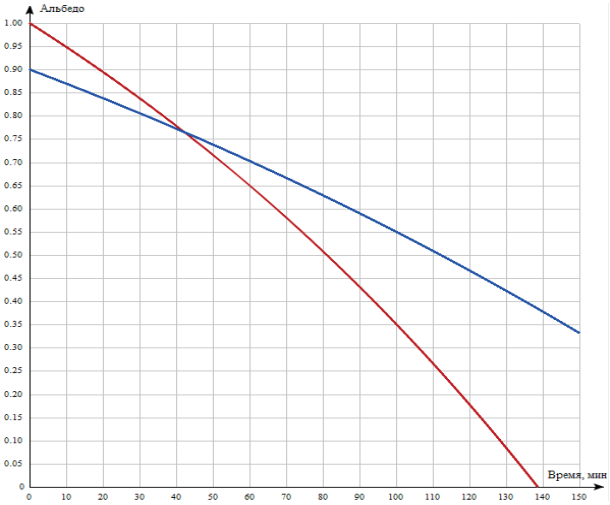


Рис. 3. **Графики изменения альбедо в процессе таяния снега для ИК (красная линия) и УФ (синяя линия) излучений**

Из рисунка 3 видно, что под воздействием ИК-лучей альбедо изменяется и достигает нулевого значения быстрее, хотя начальное значение близко к 1, что означает полное отражение в начале таяния. УФ-волны практически сразу проникают вглубь снега, чем и объясняется меньшее отражение с поверхности, но альбедо под воздействием УФ-лучей уменьшается с меньшим коэффициентом. Период максимума таяния для случая с ИК-лампами наступает быстрее. Зависимость альбедо от времени в процессе таяния носит экспоненциальный характер, что хорошо согласуется с данными, приведенными в [8].

Выводы

Интенсивность воздействия на снег ИК и ИФ излучения ослабевает с глубиной по закону Бугера-Ламберта: $I(z) = I_0 e^{-\beta z}$, где $I(z)$ – интенсивность радиации на глубине z м от поверхности снега; β – коэффициент *экстинкции* (ослабления, м$^{-1}$).

Существует большая разница в значении β для коротковолнового и длинноволнового участков спектра. Вся длинноволновая радиация поглощается верхним слоем снега, и ИК участок спектра несет энергию, преобразующуюся в тепловую уже на поверхности снега.

Поскольку короткие волны (УФ) проникают вглубь непрозрачных веществ и преобразуются в тепловые потоки внутри снежной толщи, влияние этих лучей на снеготаяние носит отличный от влияния ИК-лучей характер. Облачность является задерживающим фактором только для ИК участка спектра. Поэтому в дневные часы воздействие ультрафиолета на снеготаяние происходит при любой погоде (кроме дождливой), тогда как инфракрасное излучение действует непосредственно лишь в ясные дни.

Под воздействием ИК излучения альбедо снежного покрова изменяется и достигает нулевого значения быстрее, хотя начальное значение альбедо свежевыпавшего снега близко к 1, что означает практически полное отражение в начале таяния. УФ-волны практически сразу проникают вглубь снега, чем и объясняется меньшее отражение с поверхности, но альбедо под воздействием УФ-лучей уменьшается с меньшим коэффициентом.

Полученные результаты исследования одной из составляющих единого термогидродинамического процесса (радиационное снеготаяние) являются необходимой частью общего прогноза влияния изменения климата на течение деструктивных криогенных процессов в зоне ММП.

Библиографический список

1. Влияние осадков в виде дождя на деформации берегового склона русел рек в условиях многолетнемерзлых пород / Грицук И. И., Дебольский В. К., Масликова О. Я., Пономарев Н. К. // Лед и снег. – 2012. – № 3(119). – С. 73–78

2. **Дюнин А. К.** В царстве снега. Серия: Человек и окружающая среда. – Новосибирск.: Наука, 1983. –160 с.

3. **Шмакин А. Б., Турков Д. В., Михайлов А. Ю.** Модель снежного покрова с учетом слоистой структуры и ее сезонной эволюции // Криосфера Земли. – 2009. – Т. XIII. – № 4. – С. 69–79.

4. **Кузьмин П. П.** Физические свойства снежного покрова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1957. – 180 с.

5. **Мачульская Е. Е.** Моделирование и диагноз процессов тепловлагообмена между атмосферой и сушей в условиях холодного климата: дис. ... канд. ф.-м. наук. – М.: МГУ, 2001 г.

6. **Кривцов В. А.** Физическая география России: Общий обзор. – Рязань.: Изд-во «R&TL ltd», 2001. – 168 с.

7. Альбедо, поглощенная солнечная радиация и уходящая длинноволновая радиация / Скляров Ю. А. [и др.] // Известия Саратовского университета. – 2009. –Т. 9. – Сер. Науки о Земле. – Вып. 1. – С. 44–55.

8. **Калюжный И. Л., Шутов В. А.** Современное состояние проблемы натурных исследований снежного покрова // Водные ресурсы. — 1998. — Том 25. — № 1. — С. 34–42

9. Лабораторное исследование снеготаяния как составляющей сезонного процесса деформаций русла / Грицук И. И., Дебольский В. К., Масликова О. Я. [и др.] // Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. – 2013. – № 3. – С. 83–91.

10. **Масликова О. Я., Козлов Д. В.** Влияние зимних и весенних условий на размыв рек в криолитозоне // Природообустройство. – 2014. – № 1. – С. 54–59.

Материал поступил в редакцию 05.05.2015.

Сведения об авторе

Масликова Оксана Яковлевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник; Институт водных проблем РАН; 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3; тел.: 8(499)135-72-01; e-mail: oksana68@mail.ru.

O. YA. MASLIKOVA
The Federal state budget educational institution of science
The Institute of water problems of the Russian academy of sciences, Moscow

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE INTENSITY OF SNOW MELTING ON THE LABORATORIAN MODEL

In the hydraulic laboratory of the Russian university of peoples' friendship measurements were fulfilled of the amount of thawing snow in the real time,the process of the continuous snow melting was investigated with further infiltration of thawed water into the soil. There is considered the influence of infrared (IR) and ultraviolet (UV) radiations on the snow cover. There are obtained dependencies of the change of snow albedo in the process of melting. The work is the continuation of investigation of the dynamics of the coastal slope of water bodies under the conditions of cryolite area. The intensity of the influence of the IR and UV radiation on snow weakens with the depth according to the Bouguer–Lambert law. Cloudiness is a retarding factor only for the IR part of the spectrum. Therefore in the daytime the influence of ultraviolet on snow melting occurs in any weather (except rainy),whereas the infrared radiation effects only on clear days. Under the influence of the IR radiation albedo of the snow cover changes and achieves the zero value faster though the initial value of the fresh snow is close by 1 which means practically a full reflection at the beginning of melting. UV waves practically immediately penetrate deep into snow,which explains less reflection from the surface,but albedo under the influence of UV rays decreases with a minor coefficient.

Cryolite area, soil thawing, snow melting, solar radiation, snow albedo.

References

1. The influence of precipitation in the form of rain on deformations of coastal slope of river channels under the conditions of permafrost rocks / Gritsuk I.I., Deboljsky V.K., Maslikova O.Ya., Ponomarev N.K. // Ice and snow. – 2012. – № 3(119). – P. 73–78

2. **Dyunin A. K.** In the kingdom of snow. Series: Man and environment. – Novosibirsk.: Nauka, 1983. –160 p.

3. **Shmakin A. B., Turkov D. V., Makhailov A. Yu.** Model of snow cover taking into consideration the lamellar structure and its seasonal evolution // Cryosphere of Earth. – 2009. – V. XIII. – № 4. – P. 69–79.

4. **Kuzjmin P. P.** Physical properties of the snow cover. – L.: Hydrometeoizdat, 1957. – 180 p.

5. **Machuljskaya E. E.** Simulation and diagnosis of processes of heat exchange between the atmosphere and land under the conditions of the cold climate: dissertation of the candidate of ph.-mat. sciences. – M.: MSU, 2001.

6. **Krivtsov V. A.** Physical geography of Russia: General survey. – Ryazan.: Publishing house «R&TL ltd», 2001. – 168 p.

7. Albedo, absorbed solar radiation and outgoing long-wave radiation / Sklyarov Yu.A. [and others] // Izvestiya of the Saratov university. – 2009. – V. 9. – Ser. Sciences about Earth. – Iss. 1. – P. 44–55.

8. **Kalyuzhny I. L., Shutov V. A.** The modern state of the problem of field researches of snow cover // Water resources. – 1998. – V. 25. – № 1. – P. 34–42.

9. Laboratory researches of snow melting as a component of the seasonal process of channel deformations / Gritsuk I.I., Deboljsky V.K., Maslikova O.Ya. [and others] // Vestnik RUDN. Series: Engineering investigations. – 2013. – № 3. – P. 83–91.

10. **Maslikova O. Ya., Kozlov D. V.** Influence of winter and spring conditions on rivers washing out in the cryolite area // Environmental engineering. – 2014. – № 1. – P. 54–59.

Received on May 05, 2015.

Information about the authors

Maslikova Oksana Yakovlevna, candidate of technical sciences, senior researcher; The RAS of water problems; 119333, Moscow, ul. Gubkina, 3; tel.: 8(499)135-72-01; e-mail: oksana68@mail.ru.

УДК 502/504 : 626.82

З. О. ШЕСТОПАЛОВА, И. М. ЕВГРАФОВА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва

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

ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ АЭРОПОРТОВ

Рассмотрены вопросы проектирования санитарно-защитных зон аэропортов. Выяснено, что наиболее существенными факторами, оказывающими влияние на СЗЗ являются: шумовое загрязнение и выбросы в атмосферный воздух. На данный момент существует зонирование по трем группам: А,Б,В. В зоне А разрешается размещение жилых домов, детских дошкольных учреждений, учебных заведений и школ, гостиниц, научно-исследовательских и административных зданий и организаций. В зонах Б и В допускается нахождение любых зданий при условии повышенной звукоизоляции имеющихся конструкций, а также их наружного ограждения. Оценка качества созданных проектов и их экспертизы показывают, что в некоторых случаях разработчики некорректно и не в полном объеме используют данные по объектам, представляющим из себя источники негативного воздействия на окружающую среду. Отсутствие унифицированного порядка проектирования, и способов проверки полученных расчетных границ СЗЗ и санитарных разрывов аэропортов, а также нехватка единой, актуальной на сегодняшний день, методической базы учета специфического воздействия воздушных средств на окружающую среду, – тормозят разработку проектов, негативно влияет на качество их исполнения и увеличивает сроки проведения экспертизы, не позволяя в должной мере учитывать функциональное использование зон санитарного разрыва при территориальном планировании приаэродромных земель.

Санитарно-защитные зоны, экологическое проектирование, экологическая экспертиза, шум, загрязнение атмосферного воздуха, экологическое зонирование.

Введение. Предприятие, оказывающие влияние на окружающую среду, в соответствии с ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» должны иметь особенную территорию со специальным режимом использования. Санитарно-защитная зона (СЗЗ) – это, некий барьер, гарантирующий экологическую безопасность населения.

Одним из таких объектов, требующих создания СЗЗ, являются гражданские и военные аэропорты и аэродромы. При их проектировании и строительстве нужно разрабатывать расчет такой специальной территории [1].

В Российской Федерации существует разрозненность методических подходов, программ и методик расчета уровней концентраций загрязняющих веществ в атмосфере авиационного шума от авиадвигателей воздушных судов. Сегодня это проявляется особенно при проектировании санитарно-защитных зон (СЗЗ) аэропортов гражданской авиации. Это обстоятельство является причиной значительных неточностей при определении границ СЗЗ аэропортов.

Размеры СЗЗ аэродромов, аэропортов, устанавливается в каждом определенном случае, опираясь на расчеты рассеивания загрязнения в атмосферном воздухе и физического воздействия на атмосферу (электромагнитные поля (ЭМП), шум, инфразвук, вибрация, и др.), результаты измерений и натурных исследований в контрольных точках, а также по оценке риска для здоровья населения [2].

Основными условиями для определения конфигурации СЗЗ и размера территории санитарного разрыва является соблюдение на их внешних границах и за их пределами : ПДУ (предельно допустимых уровней) физического воздействия на атмосферу для населенных территорий и соблюдение уровней приемлемого риска для здоровья населения) и ПДК (предельно допустимых концентраций) загрязняющих веществ для атмосферного воздуха населенных мест. Эти исследования загрязнения атмосферного воздуха и измерения физических воздействий на него проводятся около источников

загрязнения, на границе санитарно-защитной зоны и санитарного разрыва, а также в помещениях общественных, жилых зданий и на территории жилой застройки.

Один из главных негативных факторов, оказывающих влияние на население вблизи аэропорта и окружающую среду – шумовое воздействие. В местах, в которых это влияние наиболее выражено, предусматриваются зоны санитарных разрывов.

На сегодняшний день было разработано более 20 проектов СЗЗ аэропортов. Оценка качества созданных проектов и их экспертизы показывают, что в некоторых случаях разработчики некорректно и не в полном объеме используют данные по объектам, представляющим из себя источники негативного воздействия на окружающую среду. Отсутствие унифицированного порядка проектирования, и способов проверки полученных расчетных границ СЗЗ и санитарных разрывов аэропортов, а также нехватка единой, актуальной на сегодняшний день, методической базы учета специфического воздействия воздушных средств на окружающую среду, тормозит разработку проектов, негативно влияет на качество их исполнения и увеличивает сроки проведения экспертизы, не позволяя в должной мере учитывать функциональное использование зон санитарного разрыва при территориальном планировании приаэродромных земель.

Двойное нормирование, действующее на сегодня в России, представляющее собой нормирование по максимальным и эквивалентным уровням звука при зонировании территории, неактуально как метод, по нескольким причинам [3]. Например, не могут быть в полном объеме выполнены условия по защите территории по максимальным уровням звука. При проектировании аэропорта, интенсивность полетов должна быть разделена на два или три определенных интервала. Предлагается утвердить такие допустимые значения звуковых уровней ($L_а$экв) с разделением их на два известных интервала: день – ночь (см. таблицу) [4]. Использование подобного подхода возможно для авиационного, автомобильного и железнодорожного транспорта.

Допустимые значения корректированных эквивалентных уровней звука на приаэродромной территории

Параметр	Допустимые уровни звука ($L_а$экв), дБА		
Время суток	зона «А»	зона «Б»	зона «В»
День	56…60	61…65	>65
Ночь	46…50	51…55	>55

На данный момент существует зонирование по трем группам : А, Б, В. В зоне «А» разрешается размещение жилых домов, детских дошкольных учреждений, учебных заведений и школ, гостиниц, научно-исследовательских и административных зданий и организаций.

В зонах «Б» и «В» допускается нахождение любых зданий при условии повышенной звукоизоляции имеющихся конструкций, а также их наружного ограждения. Линии зон шумового воздействия (А, Б, В) при прохождении воздушных судов (ВС) определяются по эквивалентным показателям, при опробовании двигателей – по максимальным и эквивалентным шумовым уровням воздействия.

Единую границу СЗЗ аэропорта можно устанавливать по сочетанию факторов воздействия с объединением контуров зоны шумового воздействия «В» при движении воздушных судов (ВС), от наземных источников и при движении ВС по фактору химического загрязнения, а также, от наземных источников по фактору физического воздействия основываясь на:

расчете эквивалентных звуковых уровней при полетах ВС;

расчете звуковых уровней от наземных источников шума;

расчете рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере от наземных источников с учетом фона, а также влияния наземных операций ВС (руление перед взлетом и после посадки, опробование силовых установок авиадвигателей ВС) и полетов ВС (взлет, набор высоты ВС, снижение и заход на посадку ВС);

расчете уровней электромагнитных полей от передающих радиотехнических объектов (ПРТО), учитывая существующее

положение и перспективу развития [3].

Примеры создания ССЗ в аэропортах РФ. Пример СЗЗ международного аэропорта Тюмень (Рощино) на территории г. Тюмени Тюменской области показан на рисунке 1.

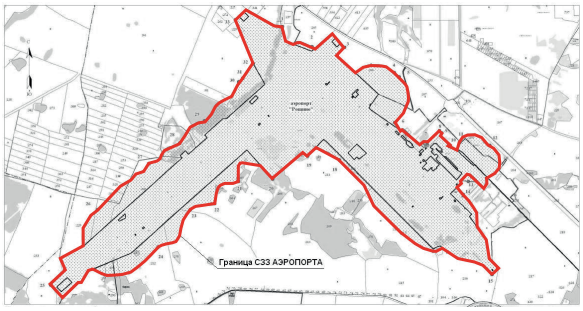


Рис. 1. **Схема СЗЗ международного аэропорта Тюмень (Рощино)**

На рисунках 2 и 3 обозначена зона санитарных разрывов международного аэропорта Тюмень (Рощино) на территории г. Тюмени Тюменской области для дня и ночи. Анализ приведенных зон показал, что зона для ночного периода времени значительно больше, чем для дневного. Это обуславливается отсутствием шумовой составляющей инфраструктуры городов.

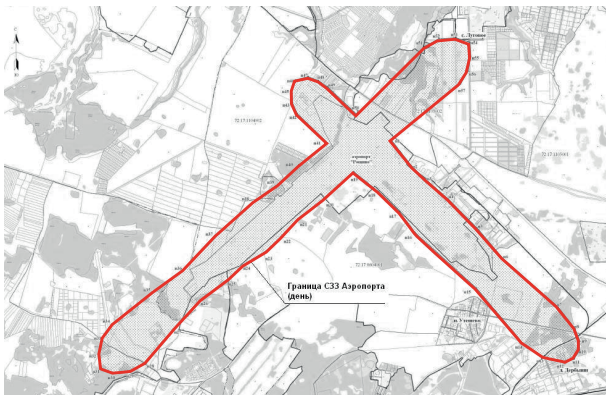


Рис. 2. **Зона санитарных разрывов международного аэропорта Тюмень (Рощино) (день)**

К наземным источникам шума, которые следует учитывать, относятся такие источники, как: авиационный шум в пределах аэродрома (вертодрома) при запуске, реверсе (снятии винтов с упора), рулении,приопробованиидвигателей ВС,при висении и перемещении вертолетов и др. [5].

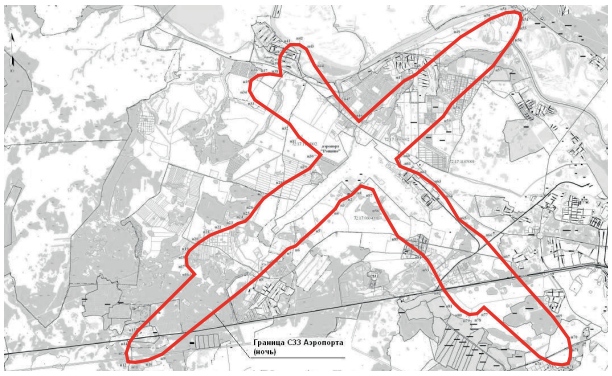


Рис. 3. **Зона санитарных разрывов международного аэропорта Тюмень (Рощино) (ночь)**

Необходимо учитывать требования расчетного зонирования территории и рассмотрение вариантов по решению о возможности жилищного и другого строительства в определенных границах шумовых зон по эквивалентным уровням звука.

Как пример можно привести московский аэропорт Шереметьево, который в настоящее время стал первым из аэропортом России, разработавшим и утвердившим в Роспотребнадзоре границу (ССЗ) и зоны санитарных разрывов. Для снижения шума в аэропорту Шереметьево проводится оптимизация расписание движения ВС, строительно-планировочные мероприятия. Авиа-компании, выполняющие полеты из аэропорта, обновляют и модернизируют парк воздушных судов и проводят дополнительное обучение для своих пилотов.

Заключение

Не существует единого подхода к проектированию СЗЗ аэропортов. Определяющим фактором при проектировании СЗЗ аэропортов является шумовое загрязнение. Границы санитарных разрывов для дня и ночи разные в связи с различным уровнем шумового загрязнения дня и ночи. Требуется разработка научно-обоснованной методики по проектированию СЗЗ аэропортов.

Библиографический список

1. **Лаврусевич А. А., Евграфова И. М.** К вопросу обоснования корректирования размеров санитарно-защитной зоны // Известия ВУЗов. Строительство. – 2014. – № 6. – С. 94–100.

2. **Блохин В. И.** Основы проектирования

аэропортов. – М.: Транспорт 1985. – 208 с.

3. **Аксенов И. Я., Аксенов В. И.** Транспорт и охрана окружающей среды. – М.: Транспорт, 1986. – 176 с.

4. **Чуднов В. И.** Транспорт и борьба с шумом – М.: Знание, 1972. – 32 с.

5. **Павлова Е. И.** Экология транспорта: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 2000. – 248 с.

Материал поступил в редакцию 09.06.2015.

Сведения об авторах

Шестопалова Злата Олеговна, аспирантка кафедры инженерной геологии и геоэкологии; НИУ МГСУ; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; e-mail: geolog305@mail.ru.

Евграфова Ирина Михайловна, доктор технических наук, профессор кафедры инженерной геологии и геоэкологии; НИУ МГСУ; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; e-mail: irina-sen811@yandex.ru.

Евграфов Алексей Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры общей и инженерной экологии; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 19; e-mail: evgrafov-aleksey@mail.ru.

Z. O. SHESTOPALOVA, I. M. EVGRAFOVA
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«The National research Moscow state construction university», Moscow

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

PROBLEMS OF DESIGNING AND ARRANGEMENT OF THE SANITARY-PROTECTION ZONE OF AIRPORTS

Problems of designing sanitary-protection zones of airports are considered. It was found that the most significant factors influencing the SPZ are noise pollution and emissions in the atmospheric air. At the present time zoning exists according to three groups: A,B,C. In the A zone location of residential buildings, kindergartens, educational institutions and schools,hotels, research and administrative buildings and organizations are permitted. In zones B and C all types of buildings are allowed provided the increased sound insulation of existing constructions as well as their external fencing. Assessment of the quality of created projects and their expertise shows that in some cases developers use the data of objects incorrectly and not fully which are a source of the negative effects on the environment. The lack of the unified design order and methods of checking the obtained rated boundaries of the SPZ and sanitary breaks of airports as well as the lack of a unified,actual for today methodological base of taking into account a specific impact of aircrafts on the environment – hinders development of projects,adversely affects the quality of their performance and increases time-terms of examination,not allowing properly consider a functional use of zones of sanitary breakage when planning surrounding lands of the aerodrome.

The sanitary-protection zones, environmental designing, environmental assessment, noise, air pollution, ecological zoning.

References

1. **Lavrusevich A. A., Evgrafova I. M.** Concerning the question of substantiation of correcting sizes of the sanitary-protection zone // Izvestiya VUZov. Construction. – 2014. – № 6. – P. 94–100.

2. **Blokhin V. I.** Fundamentals of airports designing. – M.: Transport 1985. – 208 p.

3. **Aksenov I. Ya., Aksenov V. I.** Transport and environmental protection. – M.: Transport, 1986. – 176 p.

4. **Chudnov V. I.** Transport and noise control. – M.: Znaniye, 1972. – 32 p.

5. **Pavlova E. I.** Ecology of transport: Textbook for higher educational institutions. – M.: Транспорт, 2000. – 248 p.

Received on June 09, 2015.

Information about the authors

Shestopalova Zlata Olegovna, post-graduate student of the chair of engineering geology and geoecology; NIU MGSU; 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26; e-mail: geolog305@mail.ru.

Evgrafova Irina Mikhailovna, doctor of technical sciences, associate professor of the chair of engineering geology and geoecology; NIU MGSU;129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26; e-mail: irina-sen811@yandex.ru.

Evgrafov Aleksey Victorovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of general and engineering ecology; FSBEI HE RSAU-MTAA; 127550 Moscow, ul. Pryanishnikova, 19; e-mail: evgrafov-aleksey@mail.ru.

УДК 502/504 : 626/628 : 626.22-628.113

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

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСТРОЙСТВУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ДОННЫХ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ПОРОГОВ В УСЛОВИЯХ БЕСПЛОТИННОГО ЗАБОРА ВОДЫ ИЗ МАЛЫХ ГОРНЫХ РЕК III ГРУППЫ

Рассматриваются условия бесплотинного забора воды из малых горных рек, транспортирующих большое количество наносного материала крупных фракций. Отмечено, что обеспечение качественных водозабора и водоподачи, характеризуемых минимально возможным завлечением в отводящий канал русловых наносов, может быть достигнуто за счет внедрения в состав компоновочных схем водозаборных гидроузлов таких простых и эффективных противонаносных элементов как донные циркуляционные пороги. Показано, что важным условием надежной работы водозаборных сооружений является правильность назначения планово-геометрических характеристик их отдельных конструктивных элементов. Изложены новые рекомендации по устройству и эксплуатации донных циркуляционных порогов в составе бесплотинных водозаборных гидроузлов на предгорных и долинных участках малых горных рек III группы с ледниково-снеговым и снегово-ледниковым питанием, приведены основные классификационные признаки водотоков данного типа. Предложенные рекомендации позволяют обосновать надежные и экономически эффективные проектные решения для бесплотинных водозаборов на предгорных и долинных участках малых горных рек III группы с указанными режимами питания. Данные рекомендации могут быть использованы при проектировании, строительстве и эксплуатации как вновь возводимых, так и реконструируемых бесплотинных водозаборных гидроузлов на водотоках данного типа.

Бесплотинные водозаборные гидроузлы, русловые наносы, донный циркуляционный порог, искусственная поперечная циркуляция, рекомендации.

Введение. Основной задачей, решаемой при проектировании и последующей эксплуатации всех типов водозаборных гидроузлов, является обеспечение забора расчетных расходов водотока с возможно меньшим завлечением в отводящий канал русловых наносов (в первую очередь, донных). Несмотря на обширный научный базис исследуемого вопроса, полностью решить проблему борьбы с наносами при отборе части речного потока пока не удалось. Связано это, в первую очередь, с чрезвычайным разнообразием и сложностью гидрологических и наносных условий работы водозаборных сооружений [1, 2]. Обеспечение качественного водозабора и водоподачи может быть достигнуто за счет внедрения в состав компоновочных схем водозаборных гидроузлов простых и эффективных противонаносных устройств и элементов [3, 4].

Материалы и методы. Анализ специальной литературы по данному вопросу [5–7] позволил выделить в качестве объекта исследований бесплотинные водозаборные гидроузлы на предгорных и долинных участках малых горных рек III группы с ледниково-снеговым и снегово-ледниковым питанием, а в качестве предмета исследований – противонаносные устройства в их составе в виде донных циркуляционных порогов, их гидравлические и наносные условия работы. Отметим, что в соответствии с гидротехнической классификацией горных рек по группам и типам их русловых участков, предложенной А. В. Филончиковым, к малым горным рекам III группы относятся водотоки с максимальным расходом 1 % обеспеченности $Q_{1\%}$ = 150...400 м^3/с и среднелетними расходами $Q_{ср.летн}$ = 10...30 м^3/с. Уклон таких рек, текущих вдоль хребта, на предгорных и долинных участках варьируется от 0,003 до 0,01 [7]. Для горных рек с ледниково-снеговым питанием $\Delta \geq 1$, для рек со снегово-ледниковым питанием Δ = 0,27...0,99, где Δ – отношение стока за вторую половину лета (июль–сентябрь) к стоку за первую

половину снеготаяния (март–июнь) [8].

Рекомендации по устройству и эксплуатации донных циркуляционных порогов. Как известно, важным условием надежной работы водозаборных сооружений является правильность назначения планово-геометрических характеристик их отдельных конструктивных элементов. Это положение в полной мере относится к вопросам устройства и эксплуатации донных циркуляционных порогов, так как защитные функции таких противонаносных элементов непосредственно зависят от их геометрических характеристик и планового расположения в составе гидроузла [3, 4].

Некоторые общие указания по устройству и эксплуатации донных циркуляционных порогов в составе бесплотинных водозаборных гидроузлов сформулированы В. С. Бондаренко [9]. Им же предложена компоновочная схема бесплотинного водозабора на р. Терек и подробно рассмотрены основы ее функционирования.

На основании уточнения гидравлических и наносных условий работы донных циркуляционных порогов в условиях бесплотинного забора воды из малых горных рек III группы [3, 4] и предложенных конструктивных решений авторами разработаны новые рекомендации по устройству и эксплуатации таких противонаносных элементов применительно к рассматриваемым условиям водоотделения.

В соответствии с рекомендациями [9] угол отвода потока φ выбирается исходя из конкретных условий существования проектируемого узла. По данным В. С. Бондаренко угол отвода следует назначать больше 90° (φ > 90°), если сооружение длительные периоды будет работать в режиме водообмена, а минимальные уровни реки при этом надежно гарантируют расчетные заборы. При необходимости получения минимальных потерь на входе угол отвода должен быть меньше 90°.

В общем случае угол отвода потока φ принимается равным 90°, так как при таком взаимном расположении водотока и отвода режим работы водозаборного сооружения может плавно меняться в зависимости от изменения уровней воды в реке, что обеспечивает его безнаносную эксплуатацию в тяжелых гидрологических и наносных условиях. Вместе с тем устройство отвода под углом φ = 90° к водотоку несколько удешевляет строительство ввиду сокращения затрат на подготовительные и строительно-монтажные работы.

По рекомендациям [9] необходимая ширина водоприемного фронта b определяется подбором из формулы расхода через подтопленный водослив с широким порогом

$$Q_{вз} = \varepsilon\varphi bh\sqrt{2gz}, \qquad (1)$$

где $Q_{вз}$ – величина забираемого из реки расхода; ε – коэффициент бокового сжатия; φ – коэффициент скорости; b – ширина водоприемного фронта (водоприемника); h – глубина воды в реке ниже отвода; z – потери напора на входе в отвод; g – ускорение свободного падения.

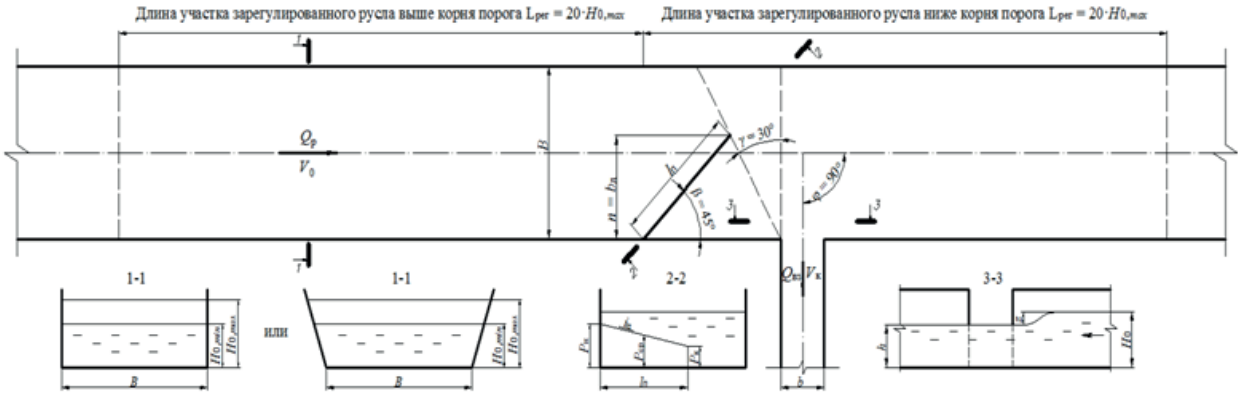
Значения ε и φ зависят от формы входного отверстия водоприемника и определяются в соответствии с рекомендациями [10]. Потери напора на входе в отвод могут быть оценены по зависимости В. С. Бондаренко:

$$z = (1{,}21 - 0{,}21\cos\varphi)V_к^{\,2}/2g, \qquad (2)$$

где $V_к$ – скорость потока в отводящем русле; наиболее точные результаты формула дает при $V_к \approx V_0$; V_0 – средняя скорость основного потока выше отвода [9].

Ширина водоприемника и ширина отводящего канала в большинстве случаев принимаются равными. Поэтому при определении ширины водоприемника b необходимо учитывать также гидрогеологические условия местности, тип и форму отводящего канала и пр. В первом приближении зависимость (1) позволяет достаточно точно определять значения b, необходимые для дальнейших расчетов.

Участки водотока выше и ниже по течению относительно водозаборного сооружения (см. рисунок) на длину не менее двадцати средних глубин потока $20H_0$ рекомендуется устраивать зарегулированными с постоянной шириной B и вертикальными бортами или трапецеидальными с шириной B по дну. В этом случае стабилизируется гидравлическая и кинематическая структура потока в зоне влияния водозаборного сооружения, искусственная поперечная циркуляция и защитные винтовые течения вдоль верховой и низовой грани проектируемого донного циркуляционного порога получают достаточное развитие, значительно облегчается определение требуемой величины стеснения потока.



Принципиальная компоновочная схема бокового бесплотинного водозаборного гидроузла с донным циркуляционным порогом на предгорных и долинных участках малых горных рек III группы: $Q_р$ – расход реки; $Q_{вз}$ – величина отбираемого расхода; B – ширина подводящего русла по дну; b – ширина отвода; $b_д$ – ширина захвата отводом донных линий токов; n – величина стеснения потока, $n = b_д/B = 2{,}14\alpha + 0{,}07$; $\alpha = Q_{вз}/Q_р \leq 0{,}20$; $l_п$ – длина донного циркуляционного порога, $l_п = n{\cdot}B/\sin\beta$; $P_н$ – высота донного порога у берега, с которого осуществляется забор воды, $P_н = 2P_{ср} - P_к$; $P_{ср}$ и $P_к$ – высоты донного порога в средней и концевой частях соответственно, $P_{ср} = (P_н + P_к)/2$ и $P_к \geq 0{,}25H_{о,max}$, $0{,}35H_{о,max} \leq P_{ср} \leq 0{,}5H_{о,min}$; $i_п$ – уклон верхней грани порога, $i_п = (P_н - P_к)/l_п$; $V_к$ – средняя скорость потока в отводе; V_0 – средняя скорость реки; H_0 – средняя глубина воды в реке; $H_{0,max}$ и $H_{0,min}$ – средняя максимальная и средняя минимальная глубина воды в реке соответственно; β – угол установки порога к береговой линии, $\beta = 45^\circ$; γ – угол между лучами, проведенными от верхового ребра водоприемника к концевой части порога и противоположному берегу, $\gamma = 30^\circ$; φ – угол отвода потока, $\varphi = 90^\circ$; z – потери напора на входе в отвод; h – глубина воды в реке ниже отвода ($h = H_0 - z$); $Q_{вз} = \varepsilon\varphi bh\sqrt{2gz} \rightarrow b$; $z = (1{,}21 - 0{,}21\cos\varphi)V_0^2/2g$; $H_{о,max}/H_{о,min} \leq 1{,}428$; ε – коэффициент бокового сжатия, φ – коэффициент скорости, зависящие от формы входного отверстия водоприемника; для предлагаемой компоновочной схемы водозаборного гидроузла значения ε и φ с приемлемой для практических расчетов точностью могут быть приняты равными 0,9.

Требуемый коэффициент водозабора α, зависящий от соотношения отбираемого расхода $Q_{вз}$ и расхода водотока $Q_р$, определяется из условия гарантированного обеспечения потребителей водными ресурсами. Для бесплотинных водозаборных гидроузлов коэффициент водозабора не должен превышать 20 %:

$$\alpha = Q_{вз}/Q_р \leq 0{,}20. \quad (3)$$

По данным из [5–7] в последние несколько десятилетий в регионах горно-предгорной зоны стран СНГ бесплотинный забор воды в оросительные и обводнительные системы в период вегетации (апрель-сентябрь) составляет в среднем 0,5...1,5 м^3/с. В сложившихся условиях для использования в качестве водоисточников наиболее пригодны водотоки рассматриваемого типа с минимальными расходами апреля и сентября Q_{min} = 2,5...7,5 м^3/с для значений $Q_{вз}$ = 0,5...1,5 м^3/с соответственно (при $\alpha = 0{,}20$) и максимальным расходом Q_{max} = 30 м^3/с, соответствующим верхнему пороговому значению среднелетних расходов для малых горных рек III группы.

Зная коэффициент водозабора α, ширину водоприемного фронта b и ширину зарегулированного участка русла B,можно определить требуемую величину стеснения (перекрытия) русла n наносозащитным порогом. Величину n рекомендуется находить по формуле А. С. Образовского [3]:

$$n = b_д/B = 2{,}14\alpha + 0{,}07. \quad (4)$$

Наносозащитный порог рекомендуется устанавливать под углом $\beta = 45^\circ$ к береговой линии [3, 4]. При данном расположении преграды получают достаточное развитие защитные функции формируемой в потоке искусственной поперечной циркуляции и винтовых течений вдоль верховой грани порога; кинематическая структура потока за порогом также способствует уменьшению процента завлеченных в отвод наносов. Необходимо отметить, что устройство наносозащитных порогов с $\beta = 45^\circ$ позволяет без снижения защитных функций преграды добиться значительного уменьшения длины порога в сравнении с ранее рекомендованными в [11] углами установки порога $\beta = 15^\circ...30^\circ$.

Зная требуемую величину стеснения русла n, ширину зарегулированного участ-

ка русла B и угол установки порога к береговой линии β, можно определить требуемую длину наносозащитного порога $l_п$:

$$l_п = nB/\sin\beta. \quad (5)$$

В соответствии с результатами проведенных исследований [12, 13] донные циркуляционные пороги следует устраивать с уклоном верхней грани по течению $i_п > 0$ и относительной высотой в средней части преграды $P_{отн}$ во всем диапазоне колебания уровней воды в реке:

$$P_{отн} = P_{ср}/H_0 = 0{,}35...0{,}5,$$

где $P_{ср} = (P_н + P_к)/2$ – высота донного циркуляционного порога в его средней части, равная полусумме высот порога в его начальной и концевой частях; H_0 – средняя глубина бытового русла.

При соблюдении данных рекомендаций порог работает как затопленная преграда, и защитные функции ИПЦ и винтовых течений вдоль верховой и низовой граней порога получают наибольшее развитие.

Зная средний максимальный $H_{0,max}$ и средний минимальный $H_{0,min}$ уровни воды в реке, можно определить требуемую высоту донного циркуляционного порога в его средней части $P_{ср}$:

$$0{,}35H_{0,max} \le P_{ср} \le 0{,}5H_{0,min}. \quad (6)$$

Условие (6) соблюдается в том случае, если соотношение между максимальным и минимальным уровнями не превышает 1,428 во всем диапазоне колебания горизонтов воды в реке. На реках с резко переменными уровнями воды низовой борт водоприемного отверстия рекомендуется выполнять в виде вертикальной стенки, параллельной наносозащитному порогу [9].

Высота порога в его концевой части $P_к$ в соответствии с рекомендациями [9, 11] не должна быть меньше $H_0/6$. Анализ полученных нами экспериментальных данных свидетельствует о том, что винтовое течение вдоль верховой грани порога начинает разрушаться на участке порога с высотой $P_x \le 0{,}25$ [14]. Поэтому рекомендуется устраивать пороги с $P_к \ge 0{,}25H_{0,max}$.

Зная длину донного наносорегулирующего порога $l_п$, высоту преграды в ее средней и концевой частях ($P_{ср}$ и $P_к$ соответственно), высоту порога в его начальной части $P_н$ можно определить по следующей зависимости:

$$P_н = 2P_{ср} - P_к. \quad (7)$$

В этом случае уклон верхней грани порога определяется как:

$$i_п = (P_н - P_к)/l_п. \quad (8)$$

Концевой участок косонаправленных донных циркуляционных порогов рекомендуется располагать на луче, проведенном под углом $\gamma = 30^\circ$ к верховому ребру водоприемника (см. рисунок 1). Начальный участок порога (его корень) сопрягается непосредственно с берегом, от которого осуществляется забор воды.

В конструктивном отношении наносозащитный порог рекомендуется устраивать монолитным железобетонным с геометрическими характеристиками, определенными в соответствии с выше указанными рекомендациями.

В качестве основных рекомендаций по эксплуатации донных циркуляционных порогов можно выделить выполнение периодических осмотров наносозащитных устройств с целью выявления возможных дефектов и повреждений и последующего принятия соответствующих решений по восстановлению конструкций, а также проведение наблюдений за гидрологическим режимом водоисточника с целью проверки соблюдения граничных условий работы донных циркуляционных преград (условие [6]). При резком подъеме уровня воды в реке предпочтительно осуществлять водозабор переливом через шандоры, что должно дополнительно уменьшить процент завлеченных в отвод донных наносов.

Выводы

Разработаны новые рекомендации по устройству и эксплуатации донных циркуляционных порогов в составе бесплотинных водозаборных гидроузлов на предгорных и долинных участках малых горных рек III группы, позволяющие обосновать надежные и экономически эффективные проектные решения для бесплотинных водозаборов. Данные рекомендации могут быть использованы при проектировании, строительстве и эксплуатации как вновь возводимых, так и реконструируемых бесплотинных водозаборных гидроузлов на водотоках данного типа.

Библиографический список

1. **Румянцев И. С., Кловский А. В.** Научный обзор изученности вопросов проектирования и безнаносной эксплуатации бесплотинных водозаборных гидроузлов // Международный технико-экономический журнал. – 2014. – № 2. – С. 101–106.

2. **Козлов Д. В.** Приоритетные направления развития научно-исследовательской деятельности в области водного хозяйства // Инновационные технологии в мелиорации: материалы международной научно-практической конференции (Костяковские чтения). – М.: Изд. ВНИИА, 2011. – С. 8–13.

3. **Кловский А. В., Румянцев И. С., Козлов**

Д. В. Некоторые пути совершенствования гидравлических условий работы бесплотинных водозаборных гидроузлов с донными циркуляционными порогами // Природообустройство. – 2015. – № 3. – С. 45–52.

4. **Кловский А. В., Румянцев И. С., Козлов Д. В.** Результаты гидравлических исследований условий работы донных циркуляционных порогов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 4. – С. 5–11.

5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 8, Северный Кавказ. – Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 447 с.

6. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Терек (российская часть бассейна): в 6 книгах / Западно-Каспийское бассейновое водное управление [Электронный ресурс]. – URL: http://zkbvu.ru/documents/skiovo_terek_ru.php (Дата обращения 07.10.15).

7. **Филончиков А. В.** Проектирование автоматизированных водозаборных узлов на горных реках. – Фрунзе: Кыргызстан, 1990. – 371 с.

8. **Кромер Р. К.** Исследование процессов занесения и промыва подпорных бьефов низконапорных гидроузлов на реках горно-предгорной зоны: дис. ... канд. техн. наук. – М., 1979. – 228 с.

9. **Бондаренко В. С.** Разработка и исследование бесплотинного водозабора для рек с тяжелым наносным и гидрологическим режимами: дис. ... канд. техн. наук. – Новочеркасск, НИМИ, 1975. – 184 с.

10. **Штеренлихт** Д. В. Гидравлика. – М.: Колос, 2004. – 656 с.

11. **Соболин Г. В.** Борьба с наносами при водозаборе в каналы оросительных систем горно-предгорной зоны: дис. ... доктора техн. наук. – М.,. – 425 с. МГМИ, 1987

12. **Кловский А. В.** Сравнительный анализ эффективности работы фронтальных донных циркуляционных порогов постоянной и переменной высоты // Природообустройство. – 2014. – № 4. – С. 37–42.

13. **Кловский А. В.** Результаты исследований гидравлических условий работы фронтальных донных циркуляционных порогов // Международный научный журнал. – 2014. – №3. – С. 77–83.

14. **Румянцев И. С., Кловский А. В.** Результаты исследований скоростного режима защитных винтовых течений в створе фронтальных донных порогов // Приволжский научный журнал. – 2014. – № 2. – С. 96–100.

Материал поступил в редакцию 07.12.2015.

Сведения об авторах

Кловский Алексей Викторович, инженер, аспирант; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 19; тел.: +7-903-541-07-85; e-mail: Alexey.Klovskiy@yandex.ru.

Козлов Дмитрий Вячеславович, доктор технических наук, профессор, проректор по инновационному развитию; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 19; тел.: 8(499)976-29-62; e-mail: kozlovdv@mail.ru.

A. V. KLOVSKY, D. V. KOZLOV
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

RECOMMENDATIONS ON ARRANGEMENT AND OPERATION OF BOTTOM CIRCULATION SILLS UNDER THE CONDITIONS OF DAMLESS WATER INTAKE FROM SMALL MOUNTAIN RIVERS OF III GROUP

There are considered conditions of damless water intake from small mountain rivers transporting a large quantity of alleviated material of coarse grains. It is stated that ensuring of the qualitative water diversion and supply which are characterized by the minimum possible silting of the discharge canal can be achieved by introducing into layout schemes of diversion units simple and effective anti-alluvial elements such as bottom circulation sills. It is shown that the important condition for a reliable operation of water diversion structures is the proper choice of planning-geometric characteristics of separate structural components. There are given new recommendations on the arrangement and operation of bottom circulation sills within damless diversion units on submontane and valley lots of small rivers of III group with an ice snow and snow-ice feeding,there are given main systematic indications of watercourses of such type. The proposed recommendations make it possible to substantiate reliable and economically efficient design solutions for damless diversion units on submontane and valley lots of small mountain rivers of III group with the indicated regimes of feeding. The given recommendations can be used when designing,building and operation of both being erected and reconstructed damless diversion hydraulic units on watercourses of this type.

Damless diversion hydraulic units,river alluvia,bottom circulation sill,artificial cross circulation, recommendations.

References

1. **Rumyantsev I. S., Klovskiy A. V.** Scientific survey of the knowledge of problems of designing and alluvia-free operation of damless diversion hydraulic units // The International technical – economic journal. – 2014. – № 2. – P. 101–106.

2. **Kozlov D. V.** Priority directions of development of research and development activity in the field of water economy // Innovation technologies in land reclamation: materials of the international theoretical and practical conference (Kostyakovskie chteniya). – M.: Publishing house VNIIA, 2011. – P. 8–13.

3. **Klovskiy A. V., Rumyantsev I. S., Kozlov D. V.** Some ways of improvement of hydraulic conditions of operation of damless diversion hydraulic units with bottom circulation sills // Environmental engineering. – 2015. – № 3. – P. 45–52.

4. **Klovskiy A. V., Rumyantsev I. S., Kozlov D. V.** Results of hydrological researches of the conditions of operation of bottom circulation sills // Land reclamation and water economy. – 2015. – № 4. – P. 5–11.

5. Resources of the USSR surface water. Volume 8, The North Caucasus. – L.: Hydrometeoizdat, 1973. – 447 p.

6. Scheme of complex use and protection of water bodies of the Terek river basin (the Russian part of the basin): in 6 books / The West – Caspian water basin administration. - URL: http://zkbvu.ru/documents/skiovo_terek_ru.php

7. **Filonchikov A. V.** Designing of automated diversion units on mountain rivers. – Frunze: Kyrgyzstan, 1990. – 371 p.

8. **Kromer R. K.** Investigation of the silting and washout processes of retaining pools of low head hydraulic units on the rivers of a mountain – submontane zone: dissertation of the candidate of technical sciences. – M., 1979. – 228 p.

9. **Bondarenko V. S.** Development and investigation of damless water intake for the rivers with heavy silting and hydrological regimes: dissertation of the candidate of technical sciences. – Novocherkassk, NIMI, 1975. – 184 p.

10. **Shterenlikht D. V.** Hydraulics. – M.: Kolos, 2004. – 656 p.

11. **Sobolin G. V.** Control of alluvia at water intake into the channels of irrigation systems of the mountain – submontane zone: dissertation of the candidate of technical sciences. – M., – 425 p. MGMI, 1987

12. **Klovskiy A. V.** Comparative analysis of the efficiency of operation of frontal bottom circulation sills of the constant and variable height // Environmental engineering. – 2014. – № 4. – P. 37–42.

13. **Klovskiy A. V.** Results of the investigations of hydraulic conditions of operation of frontal bottom circulation sills // The International scientific journal. – 2014. – №3. – P. 77–83.

14. **Rumyantsev I. S., Klovskiy A. V.** Results of the investigations of a speed regimeof protectivecorkscrew currents in the range of frontal bottom sills // Privolzhsky scientific journal. – 2014. – № 2. – P. 96–100.

Received on December 07, 2015.

Information about the authors

Klovskiy Alexey Victorovich, engineer, post graduate student; FSBEI HE RSAU-MTAA; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19, tel.: +7-903-541-07-85; e-mail: Alexey.Klovskiy@yandex.ru.

Kozlov Dmitriy Vyacheslavovich, doctor of technical sciences, professor, prorector on innovation development; FSBEI HE RSAU-MTAA; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19, tel.: 8(499)976-29-62; e-mail: kozlovdv@mail.ru.

УДК 502/504 : 631.67(075.8) : 634

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

Д. Е. КУЧЕР, А. В. ШУРАВИЛИН
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов», г. Москва

ОБОСНОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КАПЕЛЬНОГО УВЛАЖНЕНИЯ САДА В УСЛОВИЯХ ПОДМОСКОВЬЯ

Математическая модель капельного орошения сада, разработанная А. И. Голованов и Ю. И. Сухаревым была скорректирована на основе многовариантного полевого опыта орошения плодового сада в разные по влагообеспеченности годы в условиях Подмосковья. Опыты проводились в ЗАО «Совхоз им. Ленина» Московской области на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах в 2012–2014 гг. в яблоневом саду интенсивного типа с низкорослым сортом яблони Весялина. Полевой опыт организован по двухфакторной схеме: фактор А – уровень предполивной влажности почвы, фактор В – глубина увлажняемого слоя для каждого режима орошения. Для капельного орошения использована система HYDROLIT с капельницами с расходом 1,2 л/ч по три капельницы на растение, процесс полива автоматизирован. В статье изложены условия проведения полевых экспериментов, дано сравнение полевых и расчетных данных, подтверждающих применимость модели к рассматриваемым условиям, приведены расчеты оросительных норм по длинному ряду метеоданных, которые могут быть использованы для проектирования параметров оросительной сети, расчета потребности в воде, оценки влияния орошения на окружающую среду. Предложенная математическая модель позволяет оценить промываемость почвенного слоя при разных глубинах грунтовых вод и боковой отток из увлажняемой полосы, которые могут служить показателями экологичности способа полива. На ее основании выполнены прогнозные расчеты режима капельного орошения сада в разные по погодным условиям годы по материалам длительных наблюдений двух метеостанций Подмосковья и установлены оросительные нормы для лет разной обеспеченности. Многовариантные исследования капельного орошения яблоневого сада показали, что увязка параметров техники капельного орошения со схемами посадки растений позволяет регулировать формирование корнеобитаемой зоны.

Капельное орошение, плодовый сад, математическое моделирование, режим орошения.

Цель исследований. Природные условия Московской области достаточно благоприятны для развития садоводства, хотя наблюдаются засушливые годы и периоды, снижающие урожай. Для получения гарантированных ежегодных объемов плодовой продукции целесообразно развивать орошение садов. Приемлемыми способами орошения садов в рассматриваемой зоне являются дождевание и капельный, причем наиболее перспективным, водосберегающим и экологически безопасным способом полива плодовых культур следует признать капельное орошение.

В Московской области практически не проводилось исследований капельного орошения плодовых садов – нет проверенных теоретических разработок, рекомендуемых параметров систем, оптимальных режимов орошения. В данной статье представлена двумерная математическая модель формирования водного режима почв при капельном орошении яблоневого

сада интенсивного типа применительно к условиям южной тайги и дается сравнение результатов расчетов по модели с экспериментальными данными.

Объект и методика исследований. Опыты проводились в ЗАО «Совхоз им. Ленина» Московской области на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах в 2012–2014 гг. В яблоневом саду интенсивного типа с низкорослым сортом яблони Весялина приняты расстояния между рядами 4,2 м, между деревьями в ряду – 1,5 м, количество деревьев на 1 гектаре – 1585; сад был заложен весной 2009 г., исследования проводились на 4–6-й год плодоношения.

Полевой опыт организован по двухфакторной схеме: фактор А – уровень предполивной влажности почвы 65, 75 и 85 % от наименьшей влагоемкости (НВ); фактор В – глубина увлажняемого слоя для каждого режима орошения – 0,25; 0,5 и 0,75 м. Замеры проводились по общепринятым методикам.

Для капельного орошения плодового сада использована система израильского производства HYDROLIT с капельницами высокого сопротивления к засорению и высокой надежности с расходом 1,2 л/ч по три капельницы на растение, процесс полива автоматизирован. При работе системы создавалось сплошное увлажнение полосы почвы вдоль рядков растений.

Описание математической модели. За основу принята модель, разработанная А. И. Голованoвым и Ю. И. Сухаревым на основе ландшафтного подхода [1]. В ней рассмотрены двухмерные потоки влаги в ландшафтной катене, состоящей из трех фаций: увлажняемой траншеи, транзитной зоны междурядья и дренируемой окружающей области. Такой подход авторов модели позволил учесть специфику капельного орошения и особенности природных условий зоны южной тайги: естественное увлажнение, промываемость почвенного слоя, формирующих подзолистые или серые лесные почвы [2]. В этих природных условиях орошение должно быть незначительным, как дополнение к естественным осадкам, слегка увеличивающим естественную увлажненность, обязательным является естественное или искусственное дренирование. Корректировка описанной модели для рассматриваемых условий Московской области проведена по результатам полевых экспериментов.

При описании движения почвенной влаги необходимо учитывать неполное насыщение почвы в зоне аэрации, наличие каркасно-капиллярных сил кроме гравитационных и зависимость влагопроводности от влагонасыщения (С. Ф. Аверьянов [3, 4]).

Уравнение двумерного потока влаги представлено в виде конечно-разностной численной схемы (1). Исследуемая толща разбивалась на элементарные слои h_j переменной толщины (от 0,1 м вблизи поверхности до 1 м вблизи водоупора), номер слоя j изменяется от 1 до $Nx - 1$, $h_0 = h_{Nx} = 0$.

Площадь обслуживания одной капельницы разбивалась вертикальными плоскостями, образуя расчетные столбцы и блоки. Ширина этих блоков (по длине катены) b_i $(1 < i < Ny - 1)$ принималась различной в зависимости от ее длины, при этом $b_0 = b_{Ny} = 0$, ширина блоков перпендикулярно разрезу по катене принята B.

Уравнение передвижения почвенной влаги и подземных вод в конечно-разностной форме по неявной схеме, исходя из баланса влаги в блоке i, j имеет вид:

$$C_{wi,j}^{n+1}\frac{H_{i,j}^{n+1}-H_{i,j}^{n}}{\Delta t}=\frac{H_{i,j-1}^{n+1}-H_{i,j}^{n}}{h_j R_{i,j-1}^{в}}-$$
$$-\frac{H_{i,j}^{n+1}-H_{i,j+1}^{n}}{h_j R_{i,j}^{в}}+\frac{H_{i-1,j}^{n+1}-H_{i,j}^{n}}{b_i R_{i-1,j}^{г}}-$$
$$-\frac{H_{i,j}^{n+1}-H_{i+1,j}^{n}}{b_i R_{i,j}^{г}}-e_{i,j}^{n}, \qquad (1)$$

где $H_{i,j}^{n+1}$ – напор на расчетный момент времени $n + 1$, м; при отсчете напоров от поверхности земли:

$$H_{i,j}^{n+1}=-x_{i,j}+\psi_{i,j}^{n+1}, \qquad (2)$$

$\psi_{i,j}^{n+1}$ – напор, м, эквивалентный каркасно-капиллярному давлению в зоне неполного насыщения $(\psi < 0)$ и эквивалентный гидростатическому давлению в зоне полного насыщения; $R_{i,j}^{в}$ – вертикальное сопротивление потоку влаги между центрами блоков i, j и $i, j + 1$, сут; $R_{i,j}^{г}$ – горизонтальное сопротивление потоку влаги между центрами i, j и $i + 1, j$ блоков, сут; $C_{wi,j}^{n+1}$ – коэффициент влагоемкости, $м^3_в/м^4$:

$$C_{wi,j}^{n+1}=\frac{\partial\omega}{\partial H}=\frac{\omega_{i,j}^{n+1}-\omega_{i,j}^{n}}{H_{i,j}^{n+1}-H_{i,j}^{n}}=\frac{\omega_{i,j}^{n+1}-\omega_{i,j}^{n}}{\psi_{i,j}^{n+1}-\psi_{i,j}^{n}}, \qquad (3)$$

где $\omega_{i,j}^{n+1}$ – объемная влажность почвы, $м^3_в/м^3$ ($м^3_в$ – кубический метр почвенной влаги).

При полном влагонасыщении $C_w = 0$. Связь между каркасно-капиллярным потенциалом и влажностью почвы принята в виде:

$$\bar{\omega} = \frac{\omega - \omega_M}{m - \omega_M} = \exp\left[-\left(\frac{|\psi|}{\mu h_k}\right)^n\right], \quad (4)$$

где m – пористость, м³/м³; ω_M – максимальная гигроскопичность, м³/м³; h_k – максимальная высота капиллярного поднятия, м; μ и n – коэффициенты, зависящие от механического состава и структуры почвы, для суглинистых почв принято μ = 1, показатель степени $n = 1$.

Испарение влаги из почвы зависит от погодных условий и от влажности почвы. Испарение с поверхности почвы учтено в граничном условии при $x = 0$. Расходование влаги на транспирацию распределялось по корнеобитаемому слою пропорционально влажности почвы и плотности корней и включено в уравнение в виде интенсивности влагоотбора корнями растений из единичного объема почвы $e_{i,j}$, м³$_в$/м³/сут. Для определения испарения и транспирации подсчитывалось потенциальное суммарное испарение (эвапотранспирация) E_{pot} (мм/сут) по формуле Н. Н. Иванова для каждой декады теплого периода:

$$E_{pot} = 0{,}0061K_б(25 + T)^2(1 - 0{,}01a), \quad (10)$$

где $K_б$ – биологический коэффициент, учитывающий особенности выращиваемой культуры; T – средняя температура воздуха, °С; a – относительная влажность воздуха, %.

Потенциальная эвапотранспирация разделялась на потенциальное испарение с поверхности почвы $E^ф_{pot}$ и потенциальную транспирацию E^t_{pot} пропорционально затененности почвы растительным покровом $f_р$, которая изменялась по декадам:

$$E^ф_{pot} = (1 - f_р)E_{pot} \text{ и } E^t_{pot} = f_р\, E_{pot}.$$

Эти потенциальные величины испарения редуцировались на каждом временном шаге, в зависимости от влажности поверхностного слоя почвы $\omega_п$:

$$E^ф = \varepsilon E^ф_{pot}; \quad \varepsilon = 2w_0 - w_0^2;$$

$$w_0 = \frac{\omega_п - \omega_м}{0{,}8m - \omega_м}, \quad (11)$$

если $\omega_п > 0{,}8\ m$, то $\varepsilon = 1$ (зависимости (11) согласуются с исследованиями А. И. Будаговского).

Фактическая транспирация редуцируется в зависимости от неоптимальности средней влажности корнеобитаемого слоя почвы:

$$E^t = \varepsilon_w E^t_{pot}; \ \varepsilon_w = 2w_k - w_k^2;$$

$$w_k = \frac{\omega_k - ВЗ}{\omega_k^{opt} - ВЗ}, \quad (12)$$

ε_w – коэффициент, учитывающий снижение транспирации при отклонении влажности почвы от оптимальной, вид этой зависимости соответствует исследованиям А. Р. Константинова (1968); ω_k – средняя влажность корнеобитаемого слоя почвы, переменная во времени; ω_k^{opt} – то же, оптимальная в данную декаду; ВЗ – влажность завядания.

По скорректированной величине транспирации E^t, распределенной по глубине каждого столбца пропорционально влажности почвы и массе корней, получали интенсивность влагоотбора корнями растений из единичного объема почвы $e_{i,j}$, м³$_в$/м³/сут.

Численное решение уравнения (1) для определения напоров почвенной влаги $H^{n+1}_{i,j}$ требует рассмотрения системы алгебраических уравнений и сводится к нахождению порядка 1000 неизвестных (при принятой разбивке на блоки) с шагом около 1 суток на протяжении нескольких десятков лет. Кроме того, на каждом временном шаге требуется 3...7 итераций ввиду существенной нелинейности этой системы уравнений, так как емкостной коэффициент и проводимость существенно зависят от напоров почвенной влаги. Поэтому для решения этой системы применен метод матричной прогонки.

Определение напоров и сопротивлений позволяет подсчитать потоки влаги в любых сечениях на границах области и внутри нее, например, переток влаги из одной фации в другую, или вертикальные потоки, характеризующие промываемость почвенного слоя.

При верификации модели использованы данные по метеостанции Немчиновка за три года: 2012, 2013 и 2014 (таблица 1). Этот период охватывает разные годы по естественной увлажненности: очень сухой 2014 г.; средний 2012г. и очень влажный 2013 г. Водно-физические свойства среднесуглинистых дерновоподзолистых почв опытного участка, типичных для Подмосковья, приведены в таблице 2.

Таблица 1

Наблюдения по метеостанции Немчиновка (апрель–сентябрь)

Метеоданные, мм	Годы наблюдений			
	2012	2013	2014	Среднее
Осадки	428	713	237	459
Испаряемость	463	456	662	527
Дефицит	36	–257	425	68

Таблица 2

Свойства почв опытного участка

Горизонт	Толщина, м	Пористость, доли объема	Максимальная гигроскопичность	НВ, доли пористости	Коэффициент фильтрации, м/сут	Высота капиллярного подъема, м	Плотность сложения, г/см^3
А	0,4	0,5	0,057	0,7	0,3	2	1,3
В1	0,6	0,469	0,054	0,76	0,3	2	1,4
В2	0,3	0,471	0,053	0,72	0,2	2,5	1,38
С	>В2	0,472	0,055	0,7	0,4	1,8	1,4

При моделировании рассматривалась длина полосы 0,5 м, на которой функционировала одна капельница и принималось, что густота корней под всеми тремя капельницами была примерно одинакова; поливные нормы назначались, исходя из пределов увлажнения.

Результаты моделирования. В таблице 3 приведены результаты моделирования и сравнение средних за три года оросительных норм с экспериментальными данными. Оросительные нормы пересчитаны в мм слоя воды на всю площадь сада брутто. Осреднение уменьшало изменчивость данных, делало их более репрезентативными и несколько облегчало корректировку модели при ее настройке.

Таблица 3

Оросительные нормы по вариантам опыта, осредненные за три года

Вариант предполивной влажности, доли НВ	Глубина увлажнения, м	Оросительные нормы (опыт), мм	Оросительные нормы (модель), мм	Разность,%
0,65	0,25	24,4	21,3	13
	0,50	14,3	13,3	7
	0,75	7,2	5,3	26
0,75	0,25	29,5	28,4	4
	0,50	24,4	25,8	–6
	0,75	15,7	14,2	10
0,85	0,25	32,3	28,6	11
	0,50	27,7	25,4	8
	0,75	22,0	24,0	–9
Среднее по всем вариантам		21,9	20,7	7

Сравнение экспериментальных и рассчитанных оросительных норм показало, что предлагаемая модель достаточно достоверно описывает процесс увлажнения, что позволяет использовать ее для прогнозирования капельного орошения в разные годы.

Величины оросительных норм во все годы оказались существенно меньше естественных осадков, что уменьшает негативное влияние орошения на окружающую среду.

При капельном орошении плодового сада интенсивного типа при установке трех капельниц на дерево создавалось сплошное полосовое увлажнение по длине поливного трубопровода, т.е. вдоль рядов деревьев.

В течение вегетации яблоневого сада осуществлялось оперативное управление водным и питательным режимом с поддержанием заданного порога предполивной влажности почвы при различных глубинах увлажнения. Контур увлажнения заметно изменялся в зависимости от уровня предполивной влажности почвы. Он определялся как расчетным путем с использованием предложенной модели, так и в полевых условиях по раскопкам. Расчетным путем были рассчитаны контуры увлажнения при малых нормах полива и частом расположении капельниц, через 0,5 м (рис. 1). Поэтому наблюдается быстрое смыкание контуров увлажнения. Это оправдывает условия почти равномерного увлажнения траншеи шпалерного сада по ее длине. Из-за малых поливных норм глубина промачивания незначительна, около 0,2...0,25 м. С увеличением расхода капельниц контур более увлажнен и время смыкания контуров заметно уменьшается. С увеличением норм полива при прочих равных условиях контуры увлажнения увеличиваются вместе с ростом глубины увлажнения; время смыкания контуров уменьшается. Моделирование контура увлажняемой зоны выполнялось на стендовой установке с насыпной

среднесуглинистой почвой, взятой с опытного участка и уплотненной до естественного сложения в лабораторных условиях. Подача воды осуществлялась из бака со средним расходом 1,2 л/ч. Результаты опытов показали, что при расходе капельницы 1,2 л/ч и уровне увлажнения 65 % НВ диаметр увлажняемой зоны составлял 63 см, а глубина промачивания – 41 см, при уровне увлажнения 75 % НВ – соответственно 64 и 44 см, а при уровне 85 % НВ – 65 и 46 см. При увеличении уровня влажности почвы от 65 до 85 % НВ отмечается тенденция увеличения геометрических параметров контура увлажнения вследствие более высокой исходной влажности почвы. При этом диаметр увлажняемой зоны был больше глубины промачивания в 1,45...1,54 раза.

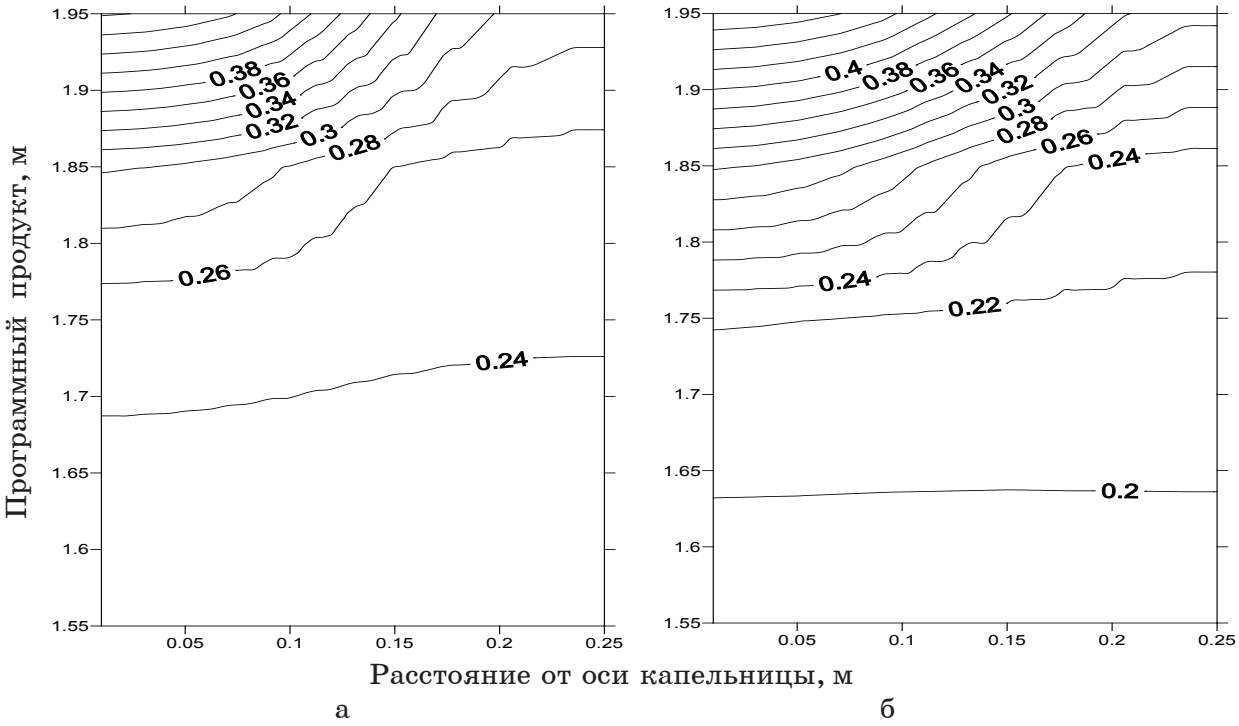


Рис. 1. **Распределение изолиний объемной влажности почвы:** а – пределы увлажнения 0,7...0,9 НВ, расход капельницы 1 л/ч, норма 1,1 л/кап.; б – пределы увлажнения 0,6...0,9 НВ, расход капельницы 1 л/ч, норма 1,6 л/кап.

Видимый контур увлажнения, установленный опытным путем по раскопкам, заметно увеличивался с повышением уровня предполивной влажности почвы и поливной нормы, обеспечивающей увлажнение почвенного слоя глубиной 0,25 м, 0,5 и 0,75 м при работе одиночной капельницы (табл. 4). При рассматриваемых уровнях предполивной влажности почвы и глубинах промачивания создается зона сплошного увлажнения траншеи. При этом диаметр контура увлажнения оставался больше глубины промачивания в среднем в 1,5 раза, а доля увлажняемой зоны составляла 0,12; 0,18 и 0,27 от общей площади соответственно при глубинах промачивания не менее 0,25 м; 0,5 и 0,75 м. По режимам предполивной влажности почвы доля увлажняемой зоны изменялась незначительно. Существенные различия были установлены в продолжительности полива в зависимости от уровня увлажнения и глубины промачивания. Со снижением уровня предполивной влажности почвы от 85 до 65 % НВ при глубинах промачивания 0,25; 0,5 и 0,75 м продолжительность полива увеличивалась соответственно в 2,4 раза (от 5 до 12 часов), 3,1 раза (от 8 до 25 часов) и в 2,2 раза (от 16 до 35 часов). По результатам определения послеполивной влажности почвы в зоне междурядий деревьев методом интерполяции были установлены уточненные параметры контура увлажнения. При уровне предполивной влажности почвы 65 % НВ и норме полива 145 м^3/га диаметр увлажняемой зоны составлял 125 см, а глубина промачивания – 68 см. Эти показатели при уровне увлажнения 75% НВ и норме полива 105 м^3/га соответственно составляли 116 и 54 см, а при уровне 85 % НВ и поливной норме 50 м^3/га – 96 и 51 см. При этом диаметр контура увлажнения был больше глубины промачивания в 1,9 раза.

Таблица 4

Контуры увлажнения почвы при капельном орошении плодового сада

Уровень увлажнения	Норма полива, м³/га	Показатель промачивания, см	Продолжительность полива, часов							
			2	5	8	12	16	20	25	35
65% НВ	70	диаметр глубина	26 15	36 20	44 24	50 29				
	145	диаметр глубина	24 14	34 19	42 23	49 28	56 36	66 44	79 53	
	220	диаметр глубина	22 12	31 18	39 22	46 26	54 33	62 41	74 49	118 76
75% НВ	50	диаметр глубина	31 18	42 23	51 29					
	105	диаметр глубина	28 16	40 22	50 27	58 38	78 52			
	150	диаметр глубина	26 15	37 20	48 26	55 36	75 51	96 66	114 78	
85% НВ	30	диаметр глубина	36 20	50 28						
	50	диаметр глубина	34 18	47 26	71 50					
	95	диаметр глубина	30 15	44 24	66 46	90 64	103 76			

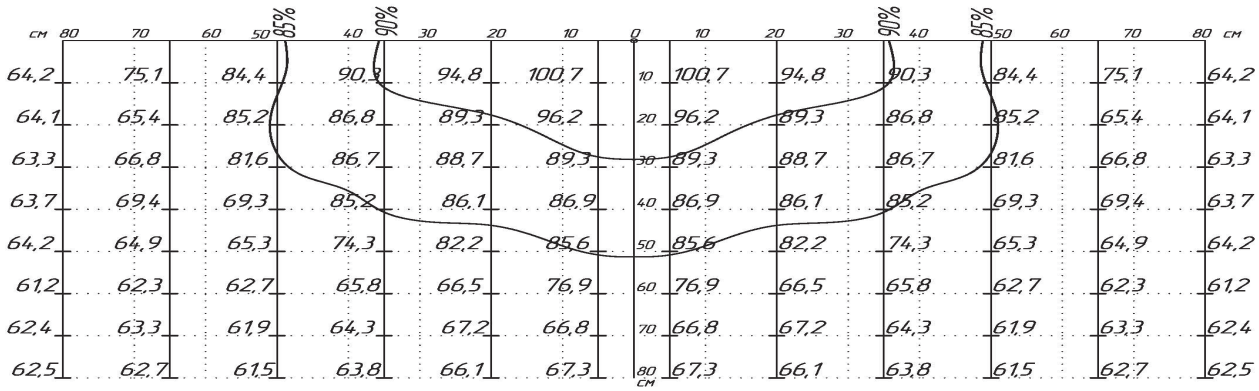


Рис. 2. **Распределение влаги в контуре после полива нормой 50 м³/га, рассчитанной на увлажнение слоя почвы 0,5 м при уровне увлажнения 85 % НВ**

При режиме предполивной влажности почвы 65 % НВ контур увлажнения получен более расширенным по сравнению с повышенным режимом предполивной влажности почвы 75 и 85 % НВ. Это обусловлено большим иссушением почвы перед проведением полива в увлажняемой зоне. Результаты измерения геометрических параметров контура увлажнения показали, что доля орошаемой площади при капельном поливе в среднем составляла 0,30; 0,28 и 0,23 от общей площади питания растений соответственно при режимах предполивной влажности почвы 65 % НВ, 75 и 85 % НВ и нормах полива соответственно 145, 105 и 50 м³/га, обеспечивающих промачивание почвы на глубину 50 см.

Таким образом, при капельном орошении плодового сада с расходом капельниц 1,2 л/ч, расстояниями между ними 0,5 м и уровнем увлажнения 85 % НВ создается зона полосового увлажнения на глубину 0,5 м при продолжительности полива 8 часов.

С помощью проверенной математической модели выполнен ориентировочный прогноз оросительных норм для периода 42 года наблюдений по метеостанциям юго-западного и юго-восточного Подмосковья (г. Наро-Фоминск и г. Кашира). В прогнозе рассмотрен вариант предполивной влажности 0,65 НВ и глубина увлажнения 0,5 м. Поливные нормы при прогнозе принимались равными 8 мм, поэтому оросительные получились кратными этой величине (табл. 5). Расчеты показали, что орошение не требуется в 6 годах из 42-х в Кашире и в 14 годах из 42-х в Наро-Фоминске. Различия в расчетных величинах оросительных норм для Каширы и Наро-Фоминска отражают отличия в климатических условиях, так как расстояние между метеостанциями составляет около 110 км, Кашира расположена юго-восточней, дефицит естественного увлажнения на 93 мм больше, чем у Наро-Фоминска, что соответствует общему характеру изменений погодных условий в Подмосковье с северо-запада на юго-восток.

Таблица 5

Расчетные оросительные нормы на период 42 года

Обеспеченность, %	Характеристика года	Оросительная норма, мм для метеостанций	
		Кашира	Наро-Фоминск
10	Сухой	32	24
25	Полусухой	24	24
50	Средний	24	8
75	Полувлажный	8	0
90	Влажный	0	0
Среднее за 42 года		20	12

Выводы

Математическая модель А. И. Голованова и Ю. И. Сухарева проверена по материалам полевых исследований в условиях юго-востока Московской области при капельном орошении яблоневого сада. Сравнение результатов полевых экспериментов и расчетов по модели показало ее применимость для практических расчетов.

Предложенная математическая модель позволяет оценить промываемость почвенного слоя при разных глубинах грунтовых вод и боковой отток из увлажняемой полосы, которые могут служить показателями экологичности способа полива. На ее основании выполнены прогнозные расчеты режима капельного орошения сада в разные по погодным условиям годы по материалам длительных наблюдений двух метеостанций Подмосковья и установлены оросительные нормы для лет разной обеспеченности.

Многовариантные исследования капельного орошения яблоневого сада показали, что увязка параметров техники капельного орошения со схемами посадки растений позволяет регулировать формирование корнеобитаемой зоны.

Библиографический список

1. Математическая модель влагопереноса в ландшафтных катенах / Голованов А. И., Сухарев Ю. И. // Природообустройство и рациональное природопользование – необходимые условия социально-экономического развития России: Материалы Межд. научно-практ. конф. – М.: МГУП, 2005.

2. Атлас расчетных гидрологических карт и номограмм. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986.

3. Управление водным режимом мелиорируемых сельскохозяйственных земель / С. Ф. Аверьянов; под общ. ред. Ю. Н. Никольского. – М.: изд. РГАУ–МСХА им. К. А. Тимирязева, 2015. – 542 с.

4. **Аверьянов С. Ф.** Зависимость водопроницаемости почвогрунтов от содержания в них воздуха // Докл. АН СССР. – Т. 69. – Вып. 2. – М.: АН СССР, 1949.

Материал поступил в редакцию 18.08.2015.

Сведения об авторах

Голованов Александр Иванович, доктор технических наук, главный научный сотрудник Института природообустройства имени А. Н. Костякова ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44; тел.: +7-916-341-35-51; e-mail: a.i.golovanov@mail.ru.

Кучер Дмитрий Евгеньевич, аспирант; РУДН; 117198, Центральный Федеральный округ, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 8/2; тел. +7-926-345-16-85; e-mail: dmitr004@gmail.com.

Шуравилин Анатолий Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры почвоведения, земледелия и земельного кадастра; РУДН; 117198, Центральный Федеральный округ, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 8/2; тел.: 8 (495) 334-11-73.

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

D. E. KUCHER, A. V. SHURAVILIN
The Federal state autonomous educational institution of higher education
«The Russian university of peoples' friendship», Moscow

SUBSTANTIATION OF THE MATHEMATICAL MODEL OF THE GARDEN DRIP IRRIGATION UNDER THE CONDITIONS OF THE MOSCOW REGION

Mathematical model of the garden drip irrigation developed by AS. I. Golovanov and Yu. I. Sukhanov was corrected on the basis of the multiple-choice field experience of the fruit garden irrigation during various on moisture provision years under the conditions of the Moscow region. The experiences were carried out in ZAO «Sovkhoz named after Lenin» of the Moscow region on sod-podzol medium-textured loam soils in the 2012-2014 years in the apple tree garden of an intensive type with a low growth type of Vesyalin apple tree. The field experience is organized on a two-factor system: factor A – level of pre-irrigation moisture of soil,factor B – depth of the moistened layer for each irrigation regime. For drip irrigation system HYDROLIT is used with droppers of 1,2 l/h consumption,three droppers per a plant,irrigation process is automated. In the article there are stated conditions of fulfillment of field experiments,there is given a comparison of field and calculated data confirming the applicability of the model to the conditions under consideration,there are given calculations of irrigation norms on the long series of weather data which could be used for designing parameters of the irrigation system,estimation of water requirements, assessment of irrigation influence on the environment. The proposed mathematical model allows assess washability of the soil layer at different depths of ground water and side outflow from the irrigated band which can be indicators of the ecological way of irrigation. Based on it there are fulfilled prognostic calculations of the garden drip irrigation in different according to weather conditions years according to the materials of long-term observations of two weather stations of Podmoscovje and established irrigation norms for the years of different provision. Multi-variant investigations of drip irrigation of the apple tree garden showed that connection of parameters of the drip irrigation technique with the schemes of plants planting makes it possible to regulate formation of root-inhabited zone.

Drip irrigation, fruit garden, mathematical simulation, irrigation regime.

References

1. Mathematical model of moisture transfer in landscape catenas / Golovanov A.I., Sukharev Yu.I. // Environmental engineering and rational nature management are the necessary conditions of the social and economic development of Russia: Materials of the International theoretical – practical conference . – M.: MSUEE, 2005.
2. Atlas of rated hydrological maps and nomograms. – L.: Hydrometeoizdat, 1986.
3. Management of water regime of reclamaed agricultural lands / S.F. Averjanov; edited by Yu.N. Nikoljsky. – M.: Publishing house RSAU MTAA, 2015. – 542 p.
4. **Averjanov S. F.** Dependence of water permeability from the air content in them // Report of the USSR AS. – V. 69. – Iss. 2. – M.: AS of the USSR, 1949.

Received on August 18, 2015.

Information about the authors

Golovanov Alexander Ivanovich, doctor of technical sciences, chief researcher of the Institute of environmental engineering named after A.N. Kostyakov FSBEI HE RSBEI HE RSAU-MTAA; 127550, Moscow, ul. Boljshaya Academicheskaya, 44; tel.: +7-916-341-35-51; e-mail: a.i.golovanov@mail.ru.

Kucher Dmitrij Evgenjevich, post graduate student; RUPF; 117198, The Central Federal District, Moscow, ul. Miklukho-Maklaya, 8/2; tel.: 7-926-345-16-85; e-mail: dmitr004@gmail.com.

Shuravilin Anatolij Vasiljevich, doctor of agricultural sciences, professor of the chair of soil science, farming and land cadastre; RUPF, 117198, The Central Federal District, Moscow, ul. Miklukho-Maklaya, 8/2; tel.: 8 (495) 334-11-73.

УДК 502/504 : 631.171

Е. Э. ГОЛОВИНОВ, Д. А. АМИНЕВ, А. В. ЗАХАРОВ
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова», г. Москва

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

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ АГРОМОНИТОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАБОТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

В статье рассматриваются вопросы импортозамещения наукоемких и зависимых от зарубежной электронной базы технически сложных устройств контроля работы сельскохозяйственной техники. Предлагается создать агромонитор, имеющий преимущественно отечественные комплектующие, современный расширенный функционал и модульную структуру, что дает ему свойства универсальности и масштабируемости. Агромонитор осуществляет обмен данными с удаленным терминалом и управление сельскохозяйственной техникой. При этом контроль может осуществляться как со стороны механизатора, так и диспетчера через удаленный терминал. Ядром агромонитора является система, выполняющая алгоритмы управления,реализованные в программном обеспечении под операционной системой отечественной разработки, работающим на платформе одноплатного компьютера. Реализация агромонитора, изготовленного на базе преимущественно из отечественных компонентов, позволит решить проблему импортозамещения в части оснащения сельскохозяйственной техники современными системами контроля. Позволит снизить потенциальные риски от внешнего воздействия через скрытые программные закладки. Модульная структура агромонитора позволит адаптировать его для современной и ранее созданной сельскохозяйственной техники. Расчетная стоимость отечественного агромонитора ожидается ниже импортных при повышенных технических возможностях. Применение отечественного агромонитора повысит возможности управления, рентабельность и качество проведения сельскохозяйственных работ.

Механизация в сельском хозяйстве, точное земледелие, параллельное вождение, импортозамещение.

Введение. На данный момент в сельскохозяйственной отрасли используются значительное количество импортной техники, в том числе средства контроля за ее работой. В последнее время возникают трудности с поставками зарубежной продукции и повышается актуальность импортозамещения [1].

Опыт показывает, что становится возможным дистанционное управление современными технически сложными системами в том числе оказание вредного воздействия на сельскохозяйственное производство.

Вызывает опасение то, что практически все современное программное обеспечение и оборудование для управления сельскохозяйственным производством разрабатывается и поставляется зарубежными производителями. Это обеспечивает возможность корректировать важнейшие параметры сельхозпроизводства и влиять на качество и урожайность продукции. Например, в каком количестве вносить удобрения, как настроить рабочие органы при проведении работ, какие задать поливные нормы, по какой траектории двигаться технике.

Помимо повышения эффективности сельскохозяйственного производства существует вероятность дистанционного осуществления негативных воздействий нашими зарубежными партнерами. Воздействия подобного рода могут быть незначительными, без существенного видимого эффекта. В долгосрочной перспективе такое воздействие может привести к полному истощению сельскохозяйственных земель и подрыву продовольственной безопасности страны [2].

Проникновение иностранных технологий произошло также на уровне лабораторного оборудования, посредством которого осуществляется контроль состояния почвы и сельскохозяйственной продукции.

В связи с этим крайне необходимо поддерживать отечественных разработчиков, которые не могут в сложившейся

обстановке нечестной конкуренции, вывести свое оборудование на должный уровень применения.

В современных условиях полевые работы [3], культуртехнические и агромелиоративные мероприятия требуют повышенной точности их исполнения. Современные машины позволяют осуществлять весь комплекс мероприятий с достаточной точностью. На большинстве техники уже установлены импортные компьютеризированные системы управления рабочими органами, или же, управление техникой осуществляется в малоэффективном ручном режиме.

К сожалению, отечественные разработки в области управления и компьютеризации сельхозтехники не имеют должной государственной поддержки и лишены внимания со стороны сельхозпроизводителя. Степень внедрения современных отечественных сельскохозяйственных технологий остается на низком уровне.

Помимо высоких требований к точности проведения полевых работ, специфика отрасли заключается в постоянном контроле деятельности техники. Нецелевое и неэффективное использование техники, нарушение регламентов работ – основной тормоз развития отрасли. Для эффективного выполнения работ и повышения рентабельности сельхозпроизводства в первую очередь необходимо исключить человеческий фактор, связанный с удаленностью техники от лиц принимающих решения.

В настоящее время все больше сельскохозяйственных производств применяют в своей работе агронавигаторы или агромониторы. Компьютеризированные системы управления сельскохозяйственной техникой позволяют:

определять географическое местоположение, направление и скорость движения с.-х. техники;

осуществлять контроль погрузки, транспортировки, разгрузки с.-х. грузов;

осуществлять контроль расхода топлива, а также несанкционированные сливы ГСМ;

проводить учет обработанных сельскохозяйственной техникой земельных угодий;

контролировать временя начала и окончания выполнения сельскохозяйственных работ;

контролировать соблюдение скоростного режима при выполнении сельскохозяйственных работ;

контролировать нахождение объекта в пределах обозначенного участка (поля) с контролем времени входа/выхода объекта;

контролировать соблюдение маршрута, установление фактов его нарушения и необоснованных остановок;

контролировать расход топлива согласно пройденному пути;

экспорт данных в бухгалтерские системы, расчет маршрутов;

наложение трека на фото- и космоснимки территорий.

Применение современных систем контроля позволяет: [4]:

сокращение затрат на содержание и эксплуатацию парка спецтехники и автомобилей – 20...25 %;

сокращение времени простоя автопарка – 10...15 %;

прекращение нецелевого использования транспорта и спецтехники, обработки незаявленных посевных площадей;

экономия при проведении агрохимических мероприятий в частности сокращение внесения минеральных удобрений – 5 %;

пресечение хищений в периоды сборки и транспортировки сельхозпродукции.

Существующие решения. В настоящее время на рынке существует несколько отечественных агронавигаторов: отечественные – «Кампус», «Агронавигатор-плюс», «Азимут-1», COMMANDER и др. [5], зарубежного производства EZ-Guide250 компании Trimble, Leica MOJO mini компании Geosystems и др.

Система параллельного вождения «Кампус» оснащена большим количеством функций и возможностей, которые делают работу в поле удобной и эффективной. Основные возможности агронавигатора: курсоуказатель с двумя режимами: параллельное вождение и свободный режим; замер и расчет площади поля по периметру; визуализация перекрытий и обработанного участка; гибкая настройка ширины захвата (до сантиметров); отображение скорости движения; изменение масштаба; голосовые уведомления об отклонении от параллельной прямой направляющей.

Бортовой навигационный комплекс «Агронавигатор-плюс» (БНК) предназначен для: параллельного вождения техни-

ки при химической обработке полей и внесении удобрений в дневных и ночных условиях; измерения пройденного расстояния (длин линий гона); уточнения площадей сельхозугодий перед или в процессе их обработок; измерения обработанной площади; получения первичной геодезической информации для изготовления планов полей и уточнения геометрических параметров с.-х. угодий; контроля качества и количества выполненных обработок. «Агронавигатор-плюс» имеет: цветной сенсорный дисплей с диагональю 20 см повышенной яркости; механические кнопки; встроенный 32 канальный ГЛОНАСС/GPS приемник, частотой 5 Гц, точностью параллельного вождения 40…50 см на территории России, на территориях где действует поправки SBAS (западная часть России) точность параллельного вождения 20…30 см; функцию коррекции ухода координат при временных перерывах в обработках [6].

Агронавигатор «Азимут-1» предназначен для контроля за передвижением сельскохозяйственных машин по полю с целью предотвращения появления необработанных участков и участков повторной обработки, измерения скорости передвижения, определения направления движения, измерения обработанной площади поля. Для повышения точности применен экран большого размера и высокого разрешения.

Система параллельного вождения COMMANDER обеспечивает прохождение трактора с навесным или прицепным агрегатом, а также самоходной техники по полю так, чтобы каждый следующий проход был пройден точно по краю предыдущего без пропусков и перекрытий. **COMMANDER** имеет сенсорный дисплей 7 дюймов, ГЛОНАСС/GPS приемник с точностью до 5…7 см. Режимы движения: прямолинейный, криволинейный, свободный [5].

EZ-Guide250 компании Trimble [7, 8] имеет цветной экран размером 4,3 дюйма, индикатор траектории (15 светодиодов), интерфейс USB для флэш-накопителей, встроенный GPS приемник точностью до 15…30 см, совместим с подруливающим устройством EZ-Steer 500 для автоматического управления транспортным средством при параллельном движении.

Система Leica MOJO mini состоит из двух частей: высокопроизводительная геодезическая антенна Leica GeoSpective и монитор с цветным сенсорным дисплеем диагональю 4,3 дюйма. Светодиодная панель на экране прибора подсказывает в какую сторону необходимо осуществить подруливание. Прибор работает со спутниками GPS и ГЛОНАСС. Точность позиционирования 15…20 см от ряда к ряду позволяет минимизировать перекрытия и пропуски. Навигатор позволяет сохранять в памяти устройства границы полей и закрашивает обработанную территорию на экране.

Недостатками рассмотренных систем является полное или превалирующее использование зарубежных комплектующих, элементной базы и программного обеспечения.

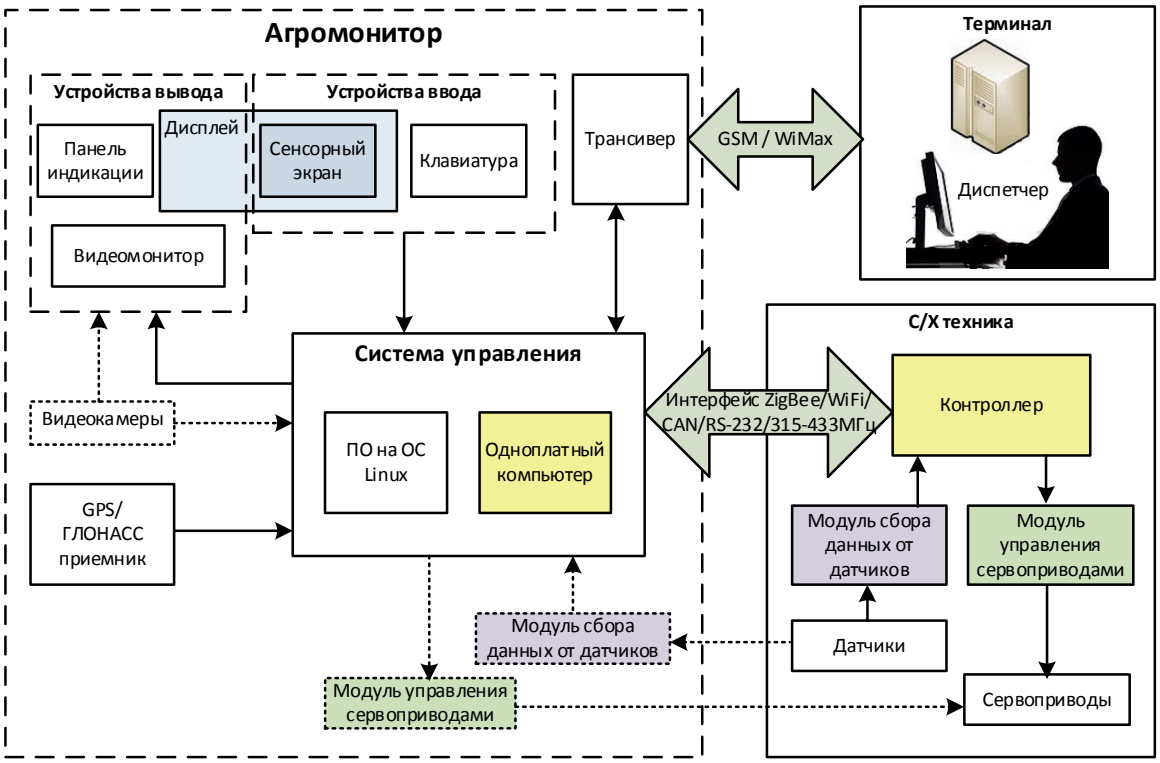
Предлагаемая структурная схема агромонитора. Предлагается агромонитор, имеющий преимущественно отечественные комплектующие, современный расширенный функционал и модульную структуру (рисунок), что придает ему свойства универсальности и масштабируемости.

Агромонитор осуществляет обмен данными с удаленным терминалом и управление сельскохозяйственной техникой. При этом контроль может осуществляться как со стороны механизатора, так и диспетчера через удаленный терминал по каналу GSM [9] или WiMAX.

Для вычислений предлагается использовать одноплатный компьютер [10], на который устанавливается операционная система и программное обеспечение (ПО). При этом используется операционная система (ОС) AltLinux или AstraLinux – отечественная операционная система специального назначения на базе ядра Linux, созданная для нужд силовых ведомств, обеспечивает степень защиты обрабатываемых данных, сертифицирована в системах средств защиты информации [11] и с минимальными затратами может быть адаптирована для нужд сельского хозяйства.

Программное решение для навигации, ГИС обеспечения и управления процессом сельхозпроизводства реализуется в среде Linux на базе отечественной разработки ГИС «Оператор» для силовых структур от ЗАО КБ «Панорама» [12].

Сбор данных от датчиков контроля работы и дальнейшее управление приводами осуществляется: посредством специальных модулей в составе агромонитора или через существующий интерфейс предусмотренный в комплектации к



Структурная схема агромонитора

сельскохозяйственной технике.

Также агромонитор включает устройства ввода-вывода, трансивер для связи с терминалом, навигационный приемник, и видеокамеры наружного наблюдения.

В дополнение к существующей системе предлагается разработка сенсорного экрана отечественного производства [13], функционирующего по емкостному принципу определения координат касания экрана агромонитора. Применение емкостного сенсорного экрана обеспечивает по сравнению с зарубежными аналогами снижение стоимости изготовления более чем в 2 раза, повышение на 95 % светопропускаемости от источника подсветки. Достоинством проекционно-емкостной технологии является: температурный диапазон от –35 °С до +65 °С, надежность не менее 200 млн касаний, возможность одновременного распознавания двух и более координат одновременно, а также бесконтактное обнаружение и определение двумерных координат объекта ввода на расстоянии не менее 10 мм от поверхности сенсорного экрана.

Управление агромонитором осуществляется механизатором при работе в специфических полевых условиях сельскохозяйственного производства.

Выводы

Реализация агромонитора, изготовленного на базе преимущественно из отечественных компонентов, позволит решить проблему импортозамещения в части оснащения сельскохозяйственной техники современными системами контроля. Позволит снизить потенциальные риски от внешнего воздействия через скрытые программные закладки. Модульная структура агромонитора позволит адаптировать его для современной и ранее созданной сельскохозяйственной техники. Расчетная стоимость отечественного агромонитора ожидается ниже импортных при повышенных технических возможностях. Применение отечественного агромонитора повысит возможности управления, рентабельность и качество проведения сельскохозяйственных работ.

Библиографический список

1. Импортозамещение в России [Электронный ресурс]. – URL: http://newsruss.ru/doc/index.php/Импортозамещение_в_России (дата обращения 14.09.2015).

2. Истощение почвы как экологическая проблема // Экологические проблемы. – 2013 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.ecologu.ru/122013/istoshhenie-pochvy-kak-ekologicheskaya-problema (дата обращения 14.09.2015).

3. **Аминев Д. А., Головинов Е. Э.** Инновационный подход к проведению полевых экспериментов // Качество. Инновации. Образование. – 2015. – № 1. – С. 26–30.

4. Агро-промышленный комплекс

[Электронный ресурс]. – URL: http://monitoring-plus.ru/agro-promyshlennyi-komplex (дата обращения 14.09.2015).

5. Обзор Российских систем параллельного вождения [Электронный ресурс]. – URL: http://agropraktik.ru/blog/precision_agriculture/39.html (дата обращения 14.09.2015).

6. Агронавигатор плюс, GPS-Навигатор [Электронный ресурс]. – URL: http://www.agroserver.ru/b/agronavigator-plyus-gps-navigator-397663.htm (дата обращения 14.09.2015).

7. EZ-Guide250_Getting Started Guide [Электронный ресурс]. – URL: http://www.triangleag.com/support/EZGuide250_GSGuide_V2B.pdf (дата обращения 14.09.2015).

8. AgGPS EZ-Guide Lightbar Guidance [Электронный ресурс]. – URL: http://www.agrogps.kz/Downloads/250/EZ-Guide250_1A_QRC_Ru_.pdf (дата обращения 14.09.2015).

9. Устройство для передачи навигационных данных по каналу GSM: Пат. пол. мод. 142374, МПК H04 W 4 H04 B 17 / Д. А. Аминев, Е. Э. Головинов, И. А. Иванов, С. М. Лышов, С. У. Увайсов; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии [Электронный ресурс]. – URL: http://poleznayamodel.ru/model/14/142374.html (дата обращения 14.09.2015).

10. Одноплатный компьютер [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Одноплатный компьютер (дата обращения 14.09.2015).

11. ОАО «НПО РусБИТех» [Электронный ресурс]. – URL: http://astra-linux.com/ (дата обращения 14.09.2015).

12. ЗАО КБ «Панорама» [Электронный ресурс]. – URL: http://gisinfo.ru/download/download_linux.htm (дата обращения 14.09.2015).

13. ООО «НПП Тачскрин технологии» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.touchtechn.ru/ (дата обращения 14.09.2015).

Материал поступил в редакцию 14.09.2015.

Сведения об авторах

Головинов Евгений Эдуардович, заведующий лабораторией, кандидат технических наук; ВНИИГМ имени А. Н. Костякова; 127550, Москва, Большая Академическая, 44 корпус 2; тел.: +7-926-558-63-94; e-mail: Golovinov@vniigim.ru.

Аминев Дмитрий Андреевич, старший научный сотрудник, кандидат технических наук; ВНИИГМ имени А. Н. Костякова; 127550, Москва, Большая Академическая, 44 корпус 2; тел.: +7-906-740-64-53; e-mail: aminev.d.a@yandex.ru.

Захаров Алексей Викторович, инженер-эколог; ВНИИГМ имени А. Н. Костякова; 127550, Москва, Большая Академическая, 44 корпус 2; тел.: +7-926-939-11-87; e-mail: zaxarov1994@list.ru.

Бакштанин Александр Михайлович, доцент, кандидат технических наук; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; тел.: +7-903-751-37-09; e-mail: bakshtanin@mail.ru.

E. E. GOLOVINOV, D. A. AMINEV, A. V. ZAKHAROV
The Federal state budget research institution
«The All-Russian research institute of hydraulic engineering and land reclamation named after A.N. Kostyakov», Moscow

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

DOMESTIC AGROMONITOR FOR CONTROL OF AGRICULTURAL MACHINERY OPERATION

The article considers problems of import substitution of science intensive and technically complicated control devices of agricultural machinery operation dependent on foreign electronic base. It is proposed to create the agro monitor having mainly domestic parts, a modern widened functional and modular structure which gives properties of universality and scalability. The agro monitor carries out data exchange with a remote terminal and control of agricultural machinery. Control can be fulfilled both from the side of a machine operator and dispatcher through remote terminal. The core of the agro monitor is a system which fulfills control algorithms realized in the software under the operational system of domestic development working on the platform of a single-board computer. Implementation of the agro monitor manufactured on the basis of mainly domestic parts will allow solve a problem of import substitution regarding equipping agricultural machinery with modern

control systems. It will make it possible to reduce potential risks from external actions through hidden backdoors. The modular structure of the agro monitor will allow adapt it to the current and earlier created agricultural machinery. The estimated cost of the domestic agro monitor is expected to be lower than import ones and with increased technical possibilities. Usage of the domestic agro monitor will raise possibilities of control,efficiency and quality of fulfillment of agricultural works.

Mechanization in agriculture, precision farming, parallel driving, import substitution.

References

1. Import substitution in Russia. – URL: http://newsruss.ru/doc/index.php/Import substitution in Russia.

2. Exhaustion of soil as an ecological problem // Ecological problems. – 2013 – URL: http://www.ecologu.ru/122013/istoshhenie-pochvy-kak-ekologicheskaya-problema .

3. **Aminev D.A., Golovinov E.A.** Innovation approach to carrying out field experiments // Quality. Innovations. Education. – 2015. – № 1. – P. 26–30.

4. Agro-industrial complex. – URL: http://monitoring-plus.ru/agro-pro-myshlennyi-komplex.

5. Survey of the Russian systems of parallel driving. – URL: http://agropraktik.ru/blog/precision_agriculture/39.html.

6. Agro navigator plus, GPS-Navigator. – URL: http://www.agroserver.ru/b/agronavigator-plyus-gps-navigator-397663.htm.

7. EZ-Guide250_Getting Started Guide. – URL: http://www.triangleag.com/support/EZGuide250_GSGuide_V2B.pdf

8. AgGPS EZ-Guide Lightbar Guidance. – URL: http://www.agrogps.kz/Downloads/250/EZ-Guide250_1A_QRC_Ru_.pdf.

9. Device for transferring navigation data by channel GSM. Pat. Pol. Mod. 142374, MPK H04 W 4 H04 B 17 / D.A. Aminev, E.E. Golovinov, I.A. Ivanov, S.M. Lyshov, S.U. Uvaisov; applicant and patent holder GNU VNIIGiM Rosseljkhozacademy. – URL: http://poleznayamodel.ru/model/14/142374.html.

10. Single-board computer. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Single-board computer.

11. OAO NPO RusBITex. – URL: http://astra-linux.com.

12. ZAO KB Panorama. – URL: http://gisinfo.ru/download/download_linux.htm.

13. OOO NPP Tachskrin technologies. – URL: http://www.touchtechn.ru/.

Received on September 14, 2015.

Information about the authors

Golovinov Evgenij Eduardovich, head of thelaboratory,candidateoftechnicalsciences; VNIIGM named after A.N, Kostyakov; 127550, Boljshaya Academicheskaya, 44, korpus 2; tel.: +7-926-558-63-94; e-mail: Golovinov@vniigim.ru.

Zakharov Alexej Victorovich, engineer – ecologist; VNIIGM named after A.N. Kostyakov; 127550, Boljshaya Academicheskaya, 44, korpus 2; tel.: ++7-926-939-11-87; e-mail: zaxarov1994@list.ru.

Bakshtanin Alexander Mikhailovich, associate professor, candidate of technical sciences, FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev, Timiryazevskaya ul., 49.; tel.: +7-903-751-37-09; e-mail: bakshtanin@mail.ru.

УДК 502/504 : 626.82

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

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

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕРОПРИЯТИЙ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Главной темой исследований являлась разработка и обеспечение управленческих решений по безопасности и надежности мелиоративного и водохозяйственного комплекса. Объектом исследований являлись гидротехнические сооружения мелиоративного водохозяйственного комплекса. Цель исследований заключалась в обосновании структуры классификатора мероприятий эксплуатации мелиоративных систем. Методической основой выполненных исследований стал анализ существующих организационно-технических мероприятий эксплуатации объектов мелиорации и способов защиты мелиоративных систем от разрушеня. Результатом выполненных исследований стала разработка классификатора мероприятий эксплуатации мелиоративных систем, систематизация и группировка мероприятий эксплуатации по следующим характерным функциональным признакам: надзор и техническое обслуживание, ремонт и реконструкция мелиоративных систем. Научная новизна исследований заключается в теоретическом обосновании структуры классификатора мероприятий безопасной эксплуатации мелиоративных систем, в котором представлены перечни работ по защите от разрушения и технологии продления сроков функционирования ГТС, дифференцированные в зависимости от материала конструкций ГТС мелиоративных систем: для земляных, бетонных и железобетонных, а также деревянных конструкций. Практическая значимость исследований определяет возможность использования классификатора мероприятий безопасной эксплуатации мелиоративных систем в практике мелиоративной деятельности и будет способствовать росту эффективности и конкурентоспособности сферы мелиорации за счет повышения качества управленческих решений по обеспечению надежности мелиоративного водохозяйственного комплекса, обусловленного совершенствованием информационной поддержки принимаемых решений.

Теоретические подходы, мелиоративные системы, оросительные системы, осушительные системы, надзор, ремонт и реконструкция мелиоративных систем, классификатор технологий продления сроков эксплуатации, мероприятия от разрушения.

Введение. Эксплуатация мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений (ГТС), функционирующих в самых различных климатических, гидрологических и геологических условиях, характеризуется большим разнообразием комплексов технических, организационных и хозяйственных мероприятий. Эффективная эксплуатация мелиоративного водохозяйственного комплекса обеспечивает: содержание в исправном состоянии мелиоративной сети, сооружений и оборудования, периодический их осмотр, проведение планово-предупредительных ремонтов, выявление и ликвидацию аварий, водораспределение, регулирование водного режима почв, руководство и контроль за подготовкой водопользователями мелиоративной сети и сооружений к работе в вегетационный период и многое другое [1].

Систематизация и группировка эксплуатационных мероприятий мелиоративных систем и отдельно расположенных ГТС по ряду характерных, в первую очередь, функциональных признаков, позволяя повысить экологическую безопасность функционирования мелиоративных объектов, облегчает изучение системы обеспечения их безопасности [2, 3, 4].

Классификатор безопасной эксплуатации мелиоративных систем. Разработка классификатора безопасной эксплуатации мелиоративных систем базировалась на методах анализа комплексной системы организационно-технических мероприятий, которые осуществляются в плановом порядке реализации технической эксплуатации объектов мелиорации, и методах обобщения существующих способов защиты ме-

лиоративных систем от разрушения

Мероприятия безопасной эксплуатации мелиоративных систем систематизировались и группировались по ряду характерных признаков, включающих:

надзор и техническое обслуживание мелиоративных систем;

ремонт;

реконструкцию мелиоративных систем.

В состав мероприятий по надзору за мелиоративными системами, входят периодические комплексные обследования и контроль, которые позволяют своевременно выявлять различные повреждения и разрушения. Они включают в себя следующие виды работ:

очистка мелиоративных систем и их сооружений от мусора, периодическое скашивание травы на откосах, удаление сорной растительности с берм каналов, прочистка закрытого дренажа и др.

срезка древесно-кустарниковой растительности на берме каналов;

удаление из русел каналов посторонних предметов (камни, металлолом и др.);

текущий осмотр каналов и гидротехнических сооружений.

Техническое обслуживание мелиоративных систем позволяет повысить сроки эксплуатации и надежности сооружений мелиоративных систем, состоит в проведении мероприятий, обеспечивающих поддержание элементов и системы в целом в исправном состоянии, и направлено на предотвращение негативных процессов или замену быстро изнашиваемых частей элементов мелиоративных систем. Техническое обслуживание также включает консервацию мелиоративных систем, гидромеханического и электротехнического оборудования на зимний период и расконсервацию их при подготовке к работе в вегетационный период.

Ремонт мелиоративных систем обеспечивает поддержание или восстановление их первоначальных эксплуатационных качеств и/или отдельных конструктивных элементов. Выполняют следующие виды ремонта: текущий ремонт и капитальный ремонт.

К текущему ремонту относятся работы по устранению небольших повреждений и неисправностей, которые проводятся регулярно в течение года, как правило, без прекращения функционирования системы по специальным графикам и не превышают 20 % балансовой стоимости ремонтируемого объекта на открытой сети и 15 % – на закрытой гидромелиоративной сети [5].

При проведении текущего и капитального ремонтов выделяют следующие мероприятия по защите мелиоративных систем от разрушения:

противофильтрационные ;

противокоррозионные;

противоэрозионные;

противопожарные.

Противофильтрационные мероприятия в составе текущего ремонта включают следующие работы по защите мелиоративных систем и их сооружений от разрушений:

на земляных конструкциях: устранение повреждений в креплениях сооружений; устранение деформаций на откосах и гребнях; досыпка оплывших откосов; одерновка и посев трав;

на бетонных и железобетонных конструкциях: заделка трещин и пустот; восстановление и гидроизоляция защитного слоя полимерными пленками; применение гидрофильных гелей; применение инъекционных смол; применение битумных мастик;

на деревянных конструкциях: замена и восстановление повреждений; заделка щелей инъекционными смолами и битумными мастиками.

В состав противокоррозионных мероприятий указанного ремонта входят:

на бетонных и железобетонных конструкциях: применение битумных мастик; использование защитных средств; применение антикоррозионных покрытий; использование полимерных композиций;

на металлических конструкциях: применение антикоррозионных покрытий, окраска конструкций.

Противоэрозионные мероприятия текущего ремонта обеспечивают следующие работы по защите мелиоративных систем и их сооружений от разрушений:

на земляных конструкциях: крепление поврежденных сооружений геотекстилями; укладка полиэтиленовой пленки; очистка элементов конструкций от наносов, грязи и шлака;

на бетонных и железобетонных конструкциях: ремонт водозадерживающих валов и запруд; чистка георешеток; очистка от наносов.

Противопожарные мероприятия включают работы:

на деревянных конструкциях: использование защитных теплоизоляцион-

ных слоев; использование огнезащитных средств; применение пенообразующих материалов.

К капитальному ремонту относятся работы, при проведении которых полностью или частично восстанавливаются отдельные сооружения, конструктивные элементы и части, осуществляется замена их наиболее прочные и экономичные материалы. Стоимость капитального ремонта не должна превышать 50 % балансовой стоимости ремонтируемого объекта. В противном случае объект подлежит реконструкции или восстановлению [5].

В состав противофильтрационных мероприятий при проведении капитального ремонта входят следующие работы, защищающие мелиоративные системы и их сооружения от разрушений:

на земляных конструкциях: досыпка профиля плотины; укладка полиэтиленовой пленки; облицовка бьефов плитами;

на бетонных и железобетонных конструкциях: восстановление защитного слоя в подводных частях; гидроизоляция полимерными материалами; изоляция гидрофильными гелями; использование инъекционных смол; удаление и замена разрушенных частей сооружений;

на деревянных конструкциях: замена отдельных свай, полная или частичная перестройка деревянных сооружений.

Противокоррозионные мероприятия капитального ремонта включают:

на бетонных и железобетонных конструкция: применение битумных мастик; использование защитных средств; применение антикоррозионных покрытий; использование полимерных композиций;

на металлических конструкциях: применение антикоррозионных покрытий; окраска конструкций.

Противоэрозионные мероприятия обеспечивают следующие работы:

на земляных конструкциях: крепление поврежденных сооружений геотекстилями; укладка полиэтиленовой пленки; очистка элементов конструкций от наносов, грязи и шлака;

на бетонных и железобетонных конструкциях: устройство и замена отдельных звеньев сооружений; выравнивание просевших опор; ремонт водозадерживающих валов и запруд, чистка георешеток; очистка от наносов.

В состав противопожарных мероприятий капитального ремонта входят следующие работы по защите мелиоративных систем и их сооружений от разрушений:

на деревянных конструкциях: использование защитных теплоизоляционных слоев; использование огнезащитных средств; применение пенообразующих материалов.

При проведении комплексной реконструкции мелиоративных систем целесообразно включение следующих мероприятий по защите их от разрушений:

на оросительных системах: повышение водообеспеченности; проведение реконструкции магистральной, межхозяйственной сети; проведение реконструкции коллекторно-дренажной сети; внедрение новых технологий; внедрение новых способов полива сельскохозяйственных культур; проведение капитальной и эксплуатационной планировки земель;

на осушительных системах: замена открытой осушительной сети на закрытую сеть; восстановление вышедшей из строя и не подлежащей ремонту закрытой осушительной сети; восстановление открытой осушительной сети.

При проведении частичной реконструкции систем мелиоративных систем целесообразны мероприятия по защите их от разрушений:

на оросительных системах: реконструкция магистральной и межхозяйственной сети; применение совершенных конструкций ГТС;

на осушительных системах: выполнение работ по сгущению закрытой осушительной сети; применение новых средств водоучета; восстановление и строительство дополнительных каналов, восстановление и строительство регулирующих и транспортных сооружений, восстановление насосных станций; строительство и восстановление ограждающих дамб и др.

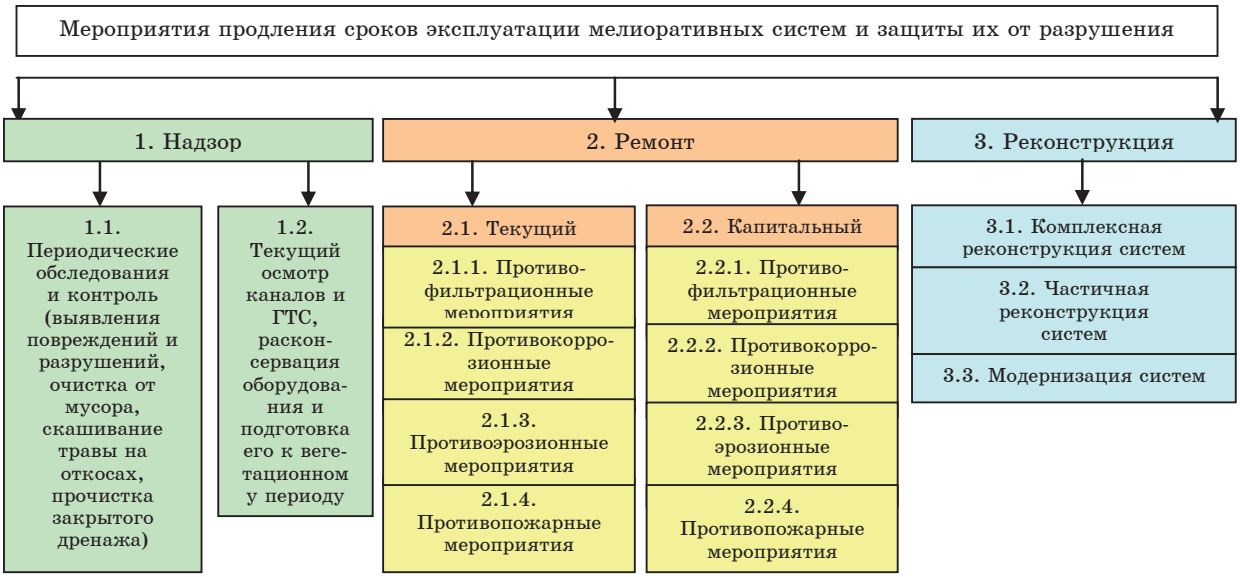
При проведении модернизации мелиоративных систем планируются следующие работы по защите их от разрушений:

на оросительных системах: модернизация насосных станций и ГТС; устройство облицовки и противофильтрационной защиты на каналах; проведение замены дождевальных машин и поливной техники; проведение работ по замене сооружений и приборов по водоучету;

на осушительных системах: проведение модернизации элементов

системы; проведение модернизация насосного оборудования системы.

Рассмотренные работы и способы защиты мелиоративных систем от разрушения были положены в основу разработанной структуры классификатора безопасной эксплуатации мелиоративных систем (рисунок).



Структура классификатора мероприятий безопасной эксплуатации мелиоративных систем

Выводы

Разработка классификатора мероприятий безопасной эксплуатации, включающих продление сроков эксплуатации мелиоративных систем и защиту их от разрушений, в условиях растущих объемов нормативно-правовой базы, научно-технических и нормативно-методических документов, новых технологий проектирования, строительства и эксплуатации объектов мелиорации является актуальной задачей мелиоративной науки и практики.

Использование в сфере мелиоративной деятельности классификатора мероприятий продления сроков эксплуатации мелиоративных систем и защиты их от разрушений, обеспечивающего информационную поддержку лица, принимающего решение по эксплуатации мелиоративного водохозяйственного комплекса, будет способствовать повышению безопасности и надежности функционирования ГТС.

Библиографический список

1. Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений. – М.: ГП СНЦ «Госэкомелиовод», 1998. – 287 с.

2. Разработка научно-технической документации, содержащей единые требования по обеспечению безопасной эксплуатации федеральных мелиоративных систем и сооружений (в том числе с учетом работ при реконструкции таких систем) / Кирейчева Л. В., Юрченко И. Ф., Карпенко Н. П. [и др.] // Отчет о НИОКР ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии. – М.: ЦИТиС, 2013. – 348 с.

3. **Карпенко Н. П., Юрченко И. Ф.** Теоретическое обоснование структуры классификатора критериев безопасности ГТС мелиоративного водохозяйственного комплекса // Природообустройство. – 2015. – № 1. – С. 12–15.

4. **Карпенко Н. П., Юрченко И. Ф.** Классификатор критериев безопасности мелиоративных систем // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 2. – С. 29–32.

5. **Щедрин В. Н., Васильев С. М., Слабунов В. В.** Основные правила и положения эксплуатации мелиоративных систем и сооружений, проведения водоучета и производства эксплуатационных работ: монография. – Ч.1. – Новочеркасск.: ЮРГТУ (НПИ), 2013. – 395 с.

Материал поступил в редакцию 27.05.2015.

Сведения об авторах

Карпенко Нина Петровна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Гидрология, гидрогеология и регулирование стока»; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: npkarpenko@yandex.ru.

Юрченко Ирина Федоровна, доктор

технических наук, доцент, главный научный сотрудник отдела «Природоохранные и информационные технологии»; ВНИИГМ имени А. Н. Костякова; 127550, Москва, Большая Академическая, 44 корпус 2; e-mail: irina.507@mail.ru.

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

I. F. YURCHENKO
The Federal state budget research institution
«The All-Russian research institute of hydraulic engineering and land reclamation named after A.N. Kostyakov», Moscow

CLASSIFICATION OF MEASURES OF SAFE OPERATION OF LAND RECLAMATION SYSTEMS

The main theme of researches was development and ensuring of managerial solutions on safety and reliability of a reclamation and water economic complex. The object of researches was hydraulic structures of a reclamation water economic complex. The purpose of researches was to substantiate the structure of a measures classifier of reclamation systems operation. The methodological base of the fulfilled investigations was the analysis of the existing logistical measures of reclamation objects operations and breakage protection means of reclamation systems. The result of the fulfilled investigations was development of a classifier of operational measures of reclamation systems, systematization and grouping of operational measures according to the following functional characteristics: supervision and technical maintenance, repair and reconstruction of reclamation systems. The scientific novelty of researches is a theoretical substantiation of the classifier structure of the measures of safe operation of reclamation systems which presents a list of works on breakage protection and technologies of life time prolongation of HTS functioning,differential depending on the HTS material structures reclamation systems: for earth,concrete and reinforced concrete as well as wooden structures. The practical significance of researches determines a possibility of using the classifier of measures of safe operation of reclamation systems in the practice of reclamation activity and it will promote to the growth of effectiveness and competitiveness of the reclamation sphere due to improving the quality management solutions on ensuring reliability of the reclamation water economic complex provided by improvement of the information support of the solutions.

Theoretical approaches, reclamation systems, irrigation systems, drainage systems, supervision, repair and reconstruction of reclamation systems, classifier of technologies for life time prolongation of operation, breakage prevention measures.

References

1. Rules of operation of reclamation systems and separately situated hydro engineering structures. – M.: GPSNTS «Gosecomeliovod», 1998. – 287 p.

2. Development of the scientific – technical documentation containing uniform requirements on ensuring safe operation of federal reclamation systems and structures (including taking into consideration the works under reconstruction of such systems) / Kireicheva L. V., Yurchenko I. F., Karpenko N. P. [and others] // Report about NIOKR GNU VNIIGiM of Rosseljkhozacademiya. – M.: TSITiS, 2013. – 348 p.

3. **Karpenko N. P., Yurchenko I. F.** Theoretical substantiation of the classifier structure of GTS safety of a reclamation water economic complex // Environmental engineering. – 2015. – № 1. – P. 12–15.

4. **Karpenko N. P., Yurchenko I. F.** Classifier of safety criteria of reclamation systems // Land reclamation and water economy. – 2015. – № 2. – P. 29–32.

5. **Shchedrin V. N., Vasiljev S. M., Slabunov V. V.** Basic rules and regulations of operation of reclamation systems and structures, maintaining water recording and production of operational works: monograph. – P.1. – Novocherkassk.: YURGTU (NPI), 2013. – 395 p.

Received on September 14, 2015.

Information about the authors

Karpenko Nina Petrovna, doctor of technical sciences, associate professor of the chair «Hydrology, hydro geology and regulation of flow»; FSBEI HE RSAU – MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49; e-mail: npkarpenko@yandex.ru.

Yurchenko Irina Fedorovna, doctor of technical sciences, associate professor, chief researcher of the department «Environmental anf information technologies»; VNIIGM named after A.N. Kostyakov; 127550, Moscow, ul. Boljshaya Academicheskaya, 44, korpus 2; e-mail: irina.507@mail.ru.

УДК 502/504 : 338.43

В. Н. КРАСНОЩЕКОВ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации»
Институт государственной службы и управления, г. Москва

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

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Объектом исследования являются сельскохозяйственные земли,рассматриваемые с позиций обеспечения экологической устойчивости и повышения экономической эффективности их функционирования. Научная новизна работы заключается в разработке системы показателей оценки эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения (в дополнение к имеющейся),позволяющей оценить изменение состояния сельскохозяйственных земель, выявить причины и масштаб возможных изменений плодородия почв в результате хозяйственной деятельности (включая мелиорацию земель),оценить технический уровень мелиоративных систем и объективно оценить эффективность использования земельных,водных и других видов ресурсов. Разработанные предложения по развитию системы показателей оценки эффективности использования сельскохозяйственных земель направлены на повышение потребительской стоимости земли как природного объекта и ресурса,а их использование в практической деятельности будет способствовать предотвращению деградационных почвенных процессов, повышению экономического плодородия почв и эффективности сельскохозяйственного производства,а также снижению антропогенной нагрузки на окружающую среду. Сформирована информационно-аналитическая база для оценки эффективности использования сельскохозяйственных земель,как природного объекта и ресурса,и технического уровня мелиоративных систем.

Интегральные показатели,сельскохозяйственные земли,природная среда,эффективность.

Введение. Воздействие человека на природную среду следует рассматривать как природный процесс, в котором хозяйственная деятельность выступает в качестве основного природопреобразующего фактора. В результате чего, независимо от целей и принципов развития общества, между хозяйственной деятельностью и природными системами неизбежно возникают противоречия, которые различаются глубиной их проявления и различными путями их разрешения. Особенно эти противоречия проявляются в сельском хозяйстве. Объясняется это тем, что в результате хозяйственной деятельности в сельском хозяйстве происходят существенные изменения свойств основных компонентов агроландшафта (приземного слоя атмосферы, почвы, растительного и животного мира,поверхностных и подземных вод и др.), которые приводят к развитию процессов деградации почв. Деградация земель в настоящее время представляет одну из важнейших социально-экономических проблем, которая создает угрозу экологической, экономической и в целом национальной безопасности России.

Материалы и методы. Результаты анализа данных государственного мониторинга земель и других систем наблюдений за состоянием окружающей среды показывает, что практически во всех субъектах Российской Федерации сохраняется тенденция к ухудшению состояния сельскохозяйственных земель.Среди опасных негативных процессов на территории России интенсивно развиваются эрозия, дефляция, заболачивание, засоление, осолонцевание и другие процессы, следствием которых являются потеря плодородия сельскохозяйственных угодий и их вывод из хозяйственного оборота (таблица 1) [1].Негативные процессы наблюдаются и на мелиорируемых землях. Тенденция роста земель с неблагоприятной мелиоративной обстановкой продолжает сохраняться, что существенно сказывается на их продуктивности (таблица 2) [1–4]. Приведенные выше материалы позволяют утверждать, что в целом состояние сельскохозяйственных земель в России неудовлетворительное, а эффективность их использования низкая.

Таблица 1

Динамика площадей сельскохозяйственных угодий, подверженных деградации, млн га

Виды деградации земель	Годы			
	1975	1990	1995	2010
Пашня				
Подкисление почв	41,0	40,4	40,0	69,0
Засоление и осолонцевание почв	10,9	11,9	14,9	16,0
Водная и ветровая эрозии почв	33,9	36,3	39,8	58,0
Сработка запасов гумуса, т/га в год	0,72	0,49	0,68	0,81
Сенокосы				
Засоление и осолонцевание почв	3,6	5,2	6,2	8,3
Водная и ветровая эрозии почв	2,0	2,0	2,6	3,2
Пастбища				
Засоление и осолонцевание почв	9,4	20,4	22,3	32,0
Водная и ветровая эрозии почв	13,6	16,3	19,4	32,0

Таблица 2

Оценка состояния и использования мелиорируемых земель

Показатели	Федеральные округа						
	Центральный	Северо-Западный	Южный и Северо-Кавказский	Приволжский	Уральский	Сибирский	Дальневосточный
Орошаемые земли							
Площадь, тыс. га	506**/486	19/18	2270/2113	932/901	155/125	543/505	122/122
в том числе поливалось, тыс. га	51/122	2/2	1725/1437	485/473	31/16	304/258	61/49
Состояние орошаемых земель, %							
Хорошее	52/44	5/6	50/43	80/66	54/4	57/43	37/35
Удовлетворительное	26/33	56/60	20/27	15/19	36/21	35/42	40/24
Не удовлетворительное	22/23	39/34	29/31	5/15	10/75	8/15	23/41
Урожайность, % от климатически обеспеченной величины*							
	0,74/0,71	0,50/0,52	0,71/0,68	0,90/0,81	0,79/0,39	0,80/0,72	0,66/0,61
Осушаемые земли							
Площадь, тыс. га	1457/1437	1832/1840	69/70	413/415	151/151	228/229	650/644
в том числе не используемые земли, тыс. га	1238/1193	1759/1693	69/62	405/390	103/100	185/185	488/477
Состояние осушаемых земель, %							
Хорошее	19/16	15/7	46/30	27/23	4/–	29/18	30/38
Удовлетворительное	48/46	51/58	29/28	51/51	59/65	40/47	38/33
Не удовлетворительное	33/38	34/35	25/42	22/26	37/35	31/35	32/29
Урожайность, % от климатически обеспеченной величины							
	0,45/0,42	0,42/0,37	0,63/0,49	0,51/0,48	0,35/0,33	0,51/0,34	0,51/0,57

Обострение экологических проблем в сельском хозяйстве требует проведения глубокой объективной оценки эффективности использования земельных ресурсов и выявления причин изменения их состояния в худшую или лучшую сторону. В настоящее время для оценки эффективности использования земельных ресурсов используется следующая система показателей [5]:

стоимостные обобщающие показатели: землеотдача, землеемкость;

результативные показатели эффективности использования сельскохозяйственных земель (себестоимость продукции, фондо- и трудоемкость, доходность 1 га земли, окупаемость затрат на 1 га);

натуральные (обобщающие): выход валовой товарной продукции (в том числе растениеводства), выход кормовых единиц, валового дохода, прибыли на 100 га сельскохозяйственных угодий;

натуральные (частные): урожайность сельскохозяйственных культур, выход продукции с 1 га сельхозугодий, а также объем производства молока, мяса на100 га сельхозугодий;

относительные: доля сельхозугодий в общей площади земли, распаханность угодий (доля пашни в их структуре), доля

интенсивных культур (пропашных, технических) в структуре посевов;

относительные (вспомогательные): доля орошаемых земель в площади сельхозугодий, себестоимость продукции, фондо- и трудоемкость, окупаемость затрат.

Результаты и обсуждение. Анализ приведенной выше системы показателей позволяет сделать вывод о том, что ее использование в практике хозяйствования не позволяет:

оценить изменение состояния сельскохозяйственных земель;

выявить причины и масштаб возможных изменений плодородия почв в результате хозяйственной деятельности (включая мелиорацию земель);

оценить технический уровень мелиоративных систем;

объективно оценить эффективность использования земельных, водных и других видов ресурсов.

Не решают указанные вопросы и показатели, приведенные в отчетностиминистерств различного уровня, для оценки мелиоративного состояния орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных угодий, и технического состояния оросительных и осушительных систем (мелиоративные кадастры). Все это указывает на необходимость дальнейшего развития существующей системы показателей оценки эффективности использования сельскохозяйственных земель и других видов природных ресурсов, а также технического уровня мелиоративных систем.

На технический уровень мелиоративных систем и эффективность использования сельскохозяйственных земель существенное влияние оказывают: степень распаханности территории (оптимальное соотношение пашни к общей площади территории); показатель, характеризующий оптимальное соотношение орошаемых и пахотных земель; оросительная норма сельскохозяйственных культур; поверхностный сток; эффективность использования оросительной воды; водообмен между почвенными и грунтовыми водами; коэффициент полезного действия системы каналов; фильтрационные потери; объем дренажного стока и сработка запасов гумуса в почве.

Оптимальное соотношение пашни к общей площади территории и может быть определено из следующего неравенства:

$$d = F/F_o \leq d_n, \quad (1)$$

где d – интегральный показатель, характеризующий фактическое соотношение пашни к общей площади территории; F – площадь пашни, га; F_o – общая площадь территории (ландшафта), га; d_n – допустимое (оптимальное) соотношение пашни к общей площади территории.

Показатель, характеризующий оптимальное соотношение орошаемых и пахотных земель,может быть определен из следующего неравенства:

$$d_1 = F_{ор}/F \leq d^1_n, \quad (2)$$

где d_1 – показатель, характеризующий оптимальное соотношение орошаемых и пахотных земель; $F_{ор}$ – площадь орошаемых земель, га; F – площадь пашни, га; d_n – допустимое (оптимальное) соотношение орошаемых и пахотных земель.

Результаты исследований показали [1, 6, 7], что степень распашки территорий превысила практически во всех федеральных округах допустимые значения. Вопрос трансформации пашни в полуприродные ландшафты (в первую очередь, это пахотные земли с уклонами поверхности выше 2...5°) должен решаться с учетом особенностей природных условий, экологической значимости биотических элементов, оценки влияния их на формирование режима и качества речного стока и на основе экономических расчетов. В связи с этим нами разработаны методология определения оптимальных значений соотношений пашни к общей площади территории и орошаемых земель к общей площади пашни, в основу которой положен экосистемный подход, включающий моделирование сложных экологических и социально- экономических систем, и накопленный передовой отечественный и зарубежный опыт в области мелиорации земель и водного хозяйства. При этом учитывались техническое состояния гидромелиоративных объектов, вероятностный характер изменения природно-климатических условий, хозяйственные, экологические и социальные условия функционирования мелиорируемых агроландшафтов, экологическая ценность природных экосистем, степень эрозии, структура природных ландшафтов, размер ущерба здоровью человека и др. [6–9].

Результаты исследований показали, что в настоящее время нормы водопотре-

бления сельскохозяйственных культур определяются исходя из полного удовлетворения требований растений к водному режиму корнеобитаемого слоя почвы и получения максимальной урожайности культур. Такой подход к определению оросительных норм сельскохозяйственных культур приводит к неэффективному использованию земельных, водных и других видов природных ресурсов за счет завышения объема водозабора на орошение и роста нагрузки на природную среду (смыв гумуса в результате увеличения поверхностного стока, вымыв питательных веществ за счет увеличения величины водообмена между почвенными и грунтовыми водами, загрязнение водных объектов за счет роста объема дренажного стока и др.). Учитывая это обстоятельство, нами разработаны и обоснованы предложения по развитию методики обоснования экологически безопасных и экономически эффективных норм водопотребления сельскохозяйственных культур, включающие: повышение продуктивности и устойчивости земледелия за счет регулирования водного режима почв и других факторов роста и развития растений; вопросы улучшения состояния экосистем и качества экосистемных услуг [8].

Величина водообмена между почвенными и грунтовыми водами при поливе сельскохозяйственной культуры зависит от размера оросительной нормы и определяется в соответствии с работой [10], а объем поверхностного стока – балансовым методом [11].

Фильтрационные потери из каналов оросительной сети, коэффициент использования воды и объем дренажного стока определяются по формулам [12]:

$$\Phi = \frac{1-\eta}{\eta} \cdot M_{р}, \quad (3)$$

$$КИВ = (g + c)/M_{р}, \quad (4)$$

$$Д = \Phi + g, \quad (5)$$

где Ф – фильтрационные потери из каналов оросительной сети, м³/га; η – коэффициент полезного действия системы каналов; $M_{р}$ – оросительная норма нетто сельскохозяйственной культуры, м³/га; КИВ – коэффициент использования воды; g – величина водообмена между почвенными и грунтовыми водами, м³/га; c – величина поверхностного стока, м³/га; Д – объем дренажного стока, м³/га.

Для оценки изменения запасов гумуса в почве целесообразно использовать эмпирическое уравнение, учитывающее исходные запасы гумуса в почве, ежегодный возврат биомассы, время и абиотические потери гумуса в результате эрозии и дефляции [1]:

$$G_{t} = G_{o} \exp\left[(БК_{Г} - G_{t}K_{М}\gamma)\bar{t}\right], \quad (6)$$

где G_{o} – исходное содержание гумуса в почве, т/га; G_{t} – конечное содержание гумуса в почве, т/га; Б – ежегодный возврат органического вещества в почву, т/га в год; $K_{Г}$ – коэффициент гумификации сухого органического вещества; $K_{М}$ – коэффициент минерализации гумуса; $\bar{t}$ – относительное время, $\bar{t} = t / \delta$; t – время, годы; δ – время стабилизации запасов гумуса, учитывающее особенности влаго- и тепло обеспеченности и неравномерность производства и трансформации органического вещества, годы; γ – коэффициент, учитывающий абиотические потери гумуса (при отсутствии эрозии и дефляции почв он равен 1, при средней и сильной степени эродированности этот показатель равен 1,15 и 1,30 соответственно).

Выводы

Существующая система интегральных показателей не позволяет оценить состояние сельскохозяйственных земель и технический уровень мелиоративных систем, выявить причины изменения их состояния в результате хозяйственной деятельности (включая и мелиорацию земель) и провести объективную оценку эффективности использования земельных и других видов природных ресурсов.

Предложена система интегральных показателей оценки эффективности использования сельскохозяйственных земель в дополнение к существующей, использование которой в практике хозяйствования позволит объективно оценить эффективности использования природных ресурсов в сельском хозяйстве, включая земельные, и обосновать комплекс мероприятий по снижению негативного воздействия на природную среду.

Библиографический список

1. **Айдаров И. П., Завалин А. А.** Обоснование комплексных мелиораций земель (теория и практика): монография – М.: ВНИИА, 2015. – 128 с.

2. Перспективы развития мелиорации земель в России / И. П. Айдаров, Д. В. Козлов, В. Н. Краснощеков [и др.]: монография – М.: МГУП, 2011. – 53 с.

3. Мелиоративное состояние орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных угодий и техническое состояние ороси-

тельных и осушительных систем за 2010 год. – М.: МСХ, 2012. – 37 с.

4. **Марголин А. М., Хутыз З. А.** Проблемы экологизации экономического механизма хозяйствования. – Майкоп.: Издательство Адыгея, 1994. – 120 с.

5. **Кусакина О., Алексеева Л.** Социально-экономическая эффективность использования земельных ресурсов // АПК: экономика, управление. – 2008. – № 11. – С. 57–60.

6. **Краснощеков В. Н.** Теория и практика эколого-экономического обоснования комплексных мелиораций в системах адаптивно-ландшафтного земледелия: монография. – М.: МГУП, 2001. – 393 с.

7. **Краснощеков В. Н., Семендуев В. А.** Оценка экономической эффективности природообустройства агроландшафтов: монография. – М.: ФГБОУ ВПО МГУП, 2013. – 171 с.

8. **Краснощеков В. Н.** Методические подходы к обоснованию оросительных норм сельскохозяйственных культур необходимо совершенствовать // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013 – № 5. – С. 6–10.

9. **Марголина Е. В.** Мониторинг целевых инвестиционных программ-необходимое условие эффективности их реализации // Природообустройство.–2012.–№1.–С.81–85.

10. **Айдаров И. П., Корольков А. И., Хачатурьян В. Х.** Расчет водно-солевого режима почв //Почвоведение. – 1988. – № 5. – С. 17–21.

11. Мелиоративные системы и сооружения: СНиП 2.06.03-85. – М.: МВХ, 1986. – 60 с.

12. **Айдаров И. П.** Комплексное обустройство земель: монография. – М.: МГУП, 2007. – 208 с.

Материал поступил в редакцию 14.12.2015.

Сведения об авторах

Краснощеков Валентин Николаевич, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Управление природопользованием и охрана окружающей среды»; 119606, Москва, Проспект Вернадского, 84; тел.: 8 (499) 956-08-25; e-mail: krasnoshekov@mail.ru.

Ольгаренко Денис Геннадьевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Управление водохозяйственной деятельностью и природопользованием»; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44; тел.: +7-964-530-49-10; e-mail: dolgar2003@gmail.

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

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

DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF INDICATORS OF THE EFFICIENCY ASSESSMENT OF USAGE OF AGRICULTURAL LANDS

The object of investigation is agricultural lands considered from the positions of ensuring ecological stability and raising economic efficiency of their functioning. The scientific novelty of the work is development of the system of indicators of the efficiency assessment of usage of agricultural lands (in addition to the available one) allowing to assess the change of the agricultural lands state,to reveal the causes and scale of possible changes of soils fertility as a result of the economic activity (including lands reclamation),to assess the technical level of reclamation systems and impartially assess the efficiency of usage of land,water and other kinds of resources. The worked out proposals on development of the system of indicators of the efficiency assessment of usage of agricultural lands are directed to the increase of the value use of land as a natural object and resource,and their usage in the practical activity will promote to the prevention of degradation soil processes,increasing of the economic soils fertility and effectiveness of agricultural production,as well as decrease of the anthropogenic load on the environment. There is formulated an information-analytical base for assessment of the efficiency of usage of agricultural lands as a natural object and resource,and a technical level of reclamation systems.

Integral indicators, agricultural lands, environment, efficiency.

References

1. **Aidarov I. P., Zavalin A. A.** Substantiation of complex land reclamations (theory and practice): monograph– M.: VNIIA, 2015. – 128 p.

2. Perspectives of development of lands reclamation in Russia / I. P. Aidarov, D. V. Kozlov, V. N. Krasnoshchekov [and others]: monograph. – M.: MSUEE, 2011. – 53 p.

3. Reclamation state of irrigated and drained agricultural lands and technical state of irrigation and drainage systems for 2010. – M.: MAA, 2012. – 37 p.

4. **Margolin A. M., Khutyz Z. A.** Problems of ecologization of the economic mechanism of management. – Maikop.: Publishing house Adygei, 1994. – 120 p.

5. **Kusakina O., Alexeeva L.** Social – economic efficiency of usage of land resources // AIC: economy, management. – 2008. – № 11. – P. 57–60.

6. **Krasnoshchekov V. N.** Theory and practice of the ecological-economic substantiation of complex reclamations in the systems of adaptive-landscape farming: monograph. – M.: MSUEE, 2001. – 393 p.

7. **Krasnoshchekov V. N., Semenduev V. A.** Assessment of the economic efficiency of environmental engineering of agro landscapes: monograph. – M.: FSBEI HVE MSUEE, 2013. – 171 p.

8. **Krasnoshchekov V. N.** Methodical approaches to thesubstantiation of irrigation rates of agricultural crops are necessary to be improved // Land reclamation and water economy. – 2013 – № 5. – P. 6–10.

9. **Margolina E. V.** Monitoring of target investment programs is a necessary condition of the effectiveness of their realization // Environmental engineering. – 2012. – № 1. – P. 81–85.

10. **Aidarov I. P., Koroljkov A. I., Khachaturjyan V. Kh.** Calculation of water – salt mode of soils // Soil science. – 1988. – № 5. – P. 17–21.

11. Reclamation systems and structures: SNiP 2.06.03-85. – M.: MVH, 1986. – 60 p.

12. **Aidarov I. P.** Complex development of lands: monograph. – M.: MSUEE, 2007. – 208 p.

Received on December 14, 2015.

Information about the authors

Krasnoshchekov Valentin Nikolaevich, doctor of economic sciences, professor, head of the chair “Management of nature use and environmental protection”; 119606, Moscow, Prospect Vernadskogo, 84; tel.: 8 (499) 956-08-25; e-mail: krasnoshekov@mail.ru.

Olgarenko Denis Gennadjevich, candidate of economic sciences, associate professor of the chair “Management of water economic activity and nature management”; FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Boljshaya Academicheskaya, 44; tel. +7-964-530-49-10; e-mail: dolgar2003@gmail.

УДК 502/504 : 556.3

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

И. В. ЦВЕТКОВ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный университет», г. Тверь

ФРАКТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ СТРОГИНСКОЙ ПОЙМЫ РЕКИ МОСКВЫ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Предложена методика моделирования и анализа антропогенной устойчивости водных объектов на основе построения их мультифрактальных моделей,учитывающих неоднородность вмещающей экосистемы. Экологические состояния предлагается оценивать путем наложения полученного мультифрактального образа водного объекта на выделенные формы его критической организации, отвечающим пределам восстановления структуры. Преимуществом методики является возможность унитарной численной оценки разнородных антропогенных нагрузок и сравнение их динамик, что позволяет сделать вывод о характере самоорганизации экосистемы, выявить показатели, динамика которых имеет вероятностную тенденцию приближения к критическим значениям активности. Методика эффективно дополняет стандартные способы расчета решениями переходных состояний,которые могут использоваться в структуре экологической реабилитации и управления развитием водных объектов. Отмечается,что экологические состояния Строгинской поймы реки Москвы характеризуются как метастабильно устойчивые,что является естественным для большинства природных объектов городской среды. Проводимые городские природоохранные мероприятия обеспечивают достаточно высокую сбалансированность внешних нагрузок, как в пространственном, так и временном распределении. Однако следует обратить внимание на группу биогенных элементов (нитраты, нитриты, и фосфаты), которые за период 2013–2014 гг. устойчиво доминируют экосистему водного объекта в контрольном створе ниже р. Сходни. Так же следует выделить токсикологическую группу: нефтепродукты и особенно марганец, имеющий не только предельно высокое значение фрактальной размерности, но и отдельные превышения установленного норматива ПДК.

Водный объект, экологические состояния, антропогенная устойчивость, фрактальное моделирование, критические формы организации.

Введение. Объектом исследований являлась акватория Строгинской поймы реки Москвы, для которой исследовалась динамика экологических состояний водного объекта в условиях неоднородного воздействия антропогенной нагрузки. В качестве исходных данных использовалась статистика изменений гидрохимических показателей по результатам их мониторинга в контрольных створах Строгинской поймы за период 2013–2014 гг. по данным Мосэкомониторинга. Анализируемые параметры системы выбраны в соответствии с ГОСТ 17.1.307-82 «Правила контроля качества воды водоемов и водотоков»

Замеры осуществляются в створах: 1 – контрольный створ ниже Рублевского гидроузла, 2 – контрольный створ в районе Спасского моста Московской кольцевой автодороги, 3 – контрольный створ ниже впадения р. Сходни (рис. 1.). Для каждого створа была сформирована таблица статистических показателей неоднородного распределения антропогенной нагрузки и построены их временные ряды (таблица 1).

В настоящее время безальтернативным методом определения экологических состояний водных объектов является параметрическое нормирования к ПДК, и расчет индексов качества экосистемы, в частности, интегрального индекса экологического состояния [13; 14]:

$$\text{ИИЭС} = \frac{1}{n_b} \cdot \sum_{i=1}^{n_b} b_i, \qquad (1)$$

где n_b – количество показателей, используемых для расчета индекса; b_i – оценочные баллы, экспертно присвоенные каждому показателю.

Рис. 1. **Размещение контрольных створов Строгинской поймы реки Москвы**

Индексы качества экосистемы, входящие в ИИЭС, рассчитываются по формулам (2) и (3):

$$ИКВ = \sum_{i=1}^{p} \gamma_i \omega_i, \text{ при } \sum \gamma_i = 1 \qquad (2)$$

где γ_i – вес показателя, входящего в общесанитарный ИКВ; ω_i – баллы, присваиваемые каждому показателю; p – число показателей.

$$ИЗВ = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} \frac{C_i}{ПДК_в} = \frac{1}{6} \cdot \sum_{i=1}^{6} \frac{C_i}{ПДК_i}, \qquad (3)$$

где n – число показателей, используемых для расчета индекса; C_i – концентрация химического вещества; $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация вещества.

На основании приведенных показателей расчетных индексов (1)–(3) производится оценка качества экосистемы, которая не учитывает неоднородность пространственно-временного распределения антропогенной нагрузки. Во всех створах фиксируется напряженная экологическая ситуация (таблица 2).

Таблица 1

Статистические данные гидрохимических показателей в контрольном створе № 2

Показатели	Значения показателей по датам отбора проб (2014 г.)											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
pH	8,25	7,89	8,12	8,5	7,7	7,7	7,8	7,8	7,9	7,9	8,0	8,1
Раств. O_2	14,7	15,6	12,5	8,4	8,2	9	7,9	8,3	8	8,8	8,3	9,1
$БПК_5$	1,8	1,6	1,9	3,6	0,88	1,8	1,2	1,7	3,4	2,7	1,9	1,5
Взв. в-ва	2,5	2,7	32	14	5,5	12	4,4	8,4	5,2	4,7	5,1	4,9
Cl	18,7	17,2	14,5	19,8	16,6	13,9	17,2	16,7	18,2	17,3	19,8	23,2
SO_4	12	17	21	25	13	10	10	11	10	13	18	15
PO_4	0,092	0,087	0,074	0,052	0,19	0,2	0,23	0,27	0,2	0,23	0,29	0,26
NH_4	0,33	0,3	0,25	0,17	0,67	0,25	0,33	0,27	0,35	0,21	0,28	0,26
NO_2	0,067	0,062	0,049	0,038	0,037	0,082	0,118	0,127	0,07	0,09	0,081	0,075
NO_3	4,15	3,34	2,19	3,5	0,89	1,3	1,3	4	0,89	2,1	2,7	3,1
Fe	0,123	0,103	0,087	0,159	0,145	0,117	0,096	0,141	0,092	0,121	0,134	0,125
Mn	0,042	0,057	0,05	0,055	0,273	0,173	0,088	0,045	0,035	0,041	0,047	0,063
Zn	0,005	0,006	0,005	0,005	0,005	0,006	0,005	0,005	0,005	0,0062	0,005	0,005
Нефт-ты	0,034	0,031	0,044	0,052	0,098	0,051	0,085	0,044	0,021	0,019	0,023	0,031
Фенолы	0,003	0,002	0,002	0,002	0,005	0,002	0,002	0,005	0,01	0,011	0,014	0,013

Таблица 2

Классификация экосистем по значениям ИИЭС

Класс качества экосистемы	Экологическое состояние	ИИЭС
1	Экологическое бедствие	≤ 1,69
2	Экологический кризис	1,70...2,39
3	Напряженная экологическая ситуация	2,40...2,99
4	Относительное экологическое благополучие	≥ 3,0

В действительности неоднородность распределения нагрузки приводит к появлению стохастических временных рядов, которые порождаются конкурирующими процессами поступления загрязняющих веществ антропогенной деятельности и процессами самоочищения природной среды, и зависят от большого количества факторов, структура и характер которых нам часто не известны (рис. 2).

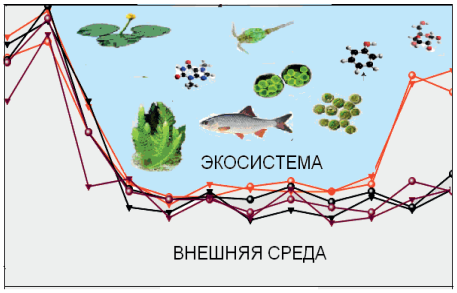


Рис. 2. **Неоднородный характер взаимодействия водного объекта с внешней средой**

Из таблиц 2, 3 следует, что решения, полученные на основе стандартных приведенных показателей расчетных индексов, относятся к классу детерминированных моделей, дискретно оценивающих классы качества экосистемы водного объекта, что приводит к утрате решений его переходных форм. Это делает невозможным использование подобных моделей для оценки динамики состояний и принятия управленческих решений.

Таблица 3

Стандартный расчет экологических состояний в створе № 2

Створ № 2	Спасский мост											
Дата отбора	01.13	02.13	03.13	04.13	05.13	06.13	07.13	08.13	09.13	1013.	11.13	12.13
ИИЭС	2,72	2,72	2,6	2,52	2,68	2,72	2,72	2,76	2,76	2,72	2,76	2,80
Класс качества	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Напротив, применение фрактальной оценки экологических состояний позволяет контролировать динамику состояний на уровне структуры гидрохимических показателей, что становится возможным за счет сведения к разнородным показателям системы в единое метрическое пространство. Фрактальные модели позволяют описывать все многообразие состояний водного объекта, – от простых стабильно устойчивых, до сложных переходных, когда только намечается тенденция изменения этих состояний. При этом основной характеристикой фрактальности системы является ее размерность, или показатель скейлинга, описывающий повторяемость геометрии временных рядов показателей при изменении их масштаба [12]. При этом самоорганизация водного объекта рассматривается как его адаптация к внешней нагрузке, которая в фазовом пространстве состояний представляет собой переходный процесск минимизации ресурсных потерь на поддержание этой нагрузки. Как правило, эти процессы имеют характер затухающих колебаний, а достигаемые при этом состояния называются структурой-аттрактором, и рассчитываются через поведенческие тренды анализируемых показателей. Наличие аттрактора (структуры-аттрактора) обеспечивает сходимость антропогенной нагрузки в структуре вмещающей экосистемы при наиболее экономичном расходе внутреннего ресурса на ее поддержание [10].

Фрактальность порождает динамическую согласованность поведения составляющих подструктур экосистемы на всех уровнях ее существования, обеспечивая тем самым высокую развитость связей обменных взаимодействий как внутри системы, так и с окружающей средой [2].

Материалы и методы. Процедура определения фрактальных размерностей водного объекта основана на измерении длин временных рядов ее параметров, инвариантных относительно преобразований масштаба, (фрактальных кривых). Фрактальная кривая на интервале $t \in [a, b]$ определяется как непрерывная и не дифференцируемая кривая, длина которой зависит от масштаба усреднения [9]. Если кривая близка к фрактальной, то с уменьшением масштаба ее длина будет возрастать степенным образом и рассчитываться через фрактальную размерность:

$$L(\delta) = L_0\delta^{1-D}, \quad (4)$$

где $L(\delta)$ – длина фрактальной кривой временных рядов; L_0 – длина прямой, соединяющая 1-ю и последнюю точку измерений; δ – варьируемый масштаб усреднения измерений фрактальной кривой; D – фрактальная размерность.

Фрактальная размерность динамической величины определяет степень сложности ее временной кривой, – если построить график изменения антропогенной нагрузки от времени, то фрактальная размерность того или иного участка кривой будет мерой сложности ее структуры и определяться величиной и частотой скачков на выделенных интервалах (рис. 3). Таким образом, стохастичность временных рядов характерна для активных систем и порождаются сложными нелинейными процессами их взаимодействия с внешней средой. Однако нелинейный характер такого взаимодействия не означает хаоса в поведении водного объекта. Оно остается неизменным за счет иерархической согласованности поведения входящих подструктур (скейлинга), что называют

фрактальностью и количественно определяют как фрактальную размерность структуры системы:

$$D = 2 - \mathrm{tg}\alpha, \qquad (5)$$

где α – угол наклона апроксимированной прямой поведенческого тренда.

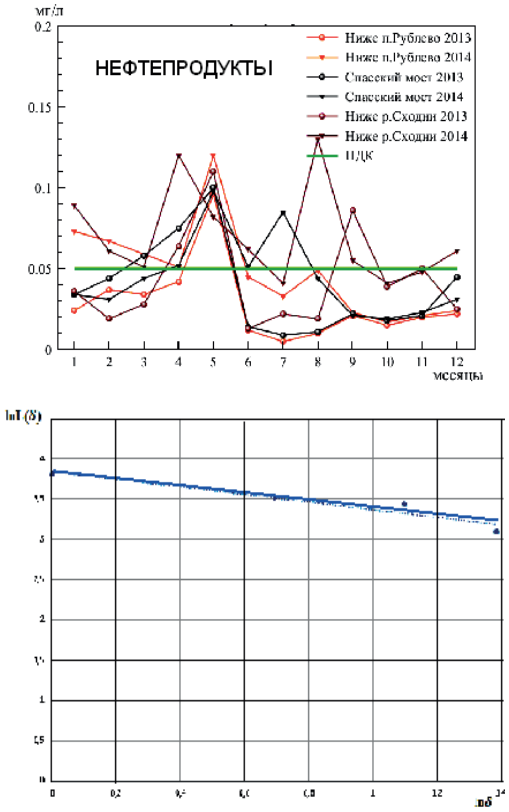


Рис. 3. **Поведенческий тренд водного объекта по нефтепродуктам в контрольном створе № 2 за 2014 г.**

В реальных условиях формируется не один, а сразу несколько поведенческих трендов, определяющих сложную мультифрактальную структуру водного объекта. Результаты расчета представляются в виде мультифрактального образа – фазовой диаграммы состояний, описывающей структуру распределений фрактальных размерностей анализируемых показателей водного объекта в точке его мониторинга (таблица 4).

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

Для построения фазового портрета в фазовой плоскости, образованной осями по каждому параметру нагрузки, откладываем соответствующие значения фрактальных размерностей D_f с коэффициентом инвертирования

$$k_{инв} = 2/D_f - 1.$$

При этом более отстающие от центра диаграммы точки отвечают более устойчивым состояниям системы, а приближение к центру диаграммы соответствует переходу системы к более неустойчивому, вариативному экологическому состоянию. Чрезмерная антропогенная нагрузка приводит к сужению фазового портрета или увеличению его асимметрии, и, наоборот, сбалансированность нагрузки в структуре системы выражается в уменьшении асимметрии ее фазового портрета. Анализ динамики состояний водных объектов становится возможным с выделением на фазовой диаграмме характеристических форм состояний, или критических параметров порядка, связанных с пределами восстановления структуры.

Таблица 4

Расчетные значения фрактальных размерностей в контрольных створах Строгинской поймы реки Москвы

Параметры экосистемы	Ниже п. Рублево		Спасский мост		Ниже р. Сходни	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014
pH	1,21	1,23	1,25	1,29	1,22	1,22
Раств. O_2	1,39	1,38	1,44	1,49	1,47	1,48
$БПК_5$	1,29	1,34	1,35	1,35	1,31	1,39
Взв. в-ва	1,42	1,40	1,42	1,48	1,36	1,52
Cl^-	1,38	1,41	1,40	1,39	1,38	1,43
SO_4^{2-}	1,52	1,58	1,55	1,56	1,62	1,58
PO_4^{3-}	1,51	1,49	1,54	1,55	1,58	1,61
NH_4^+	1,38	1,42	1,38	1,31	1,35	1,34
NO_2^-	1,63	1,59	1,65	1,68	1,57	1,71
NO_3^-	1,59	1,65	1,64	1,61	1,67	1,72
Fe (общ.)	1,56	1,48	1,55	1,42	1,49	1,43
Mn^{2+}	1,61	1,55	1,63	1,65	1,59	1,65
Zn^{2+}	1,09	1,12	1,12	1,23	1,12	1,18
Нефтепродукты	1,51	1,47	1,49	1,52	1,50	1,51
Фенолы	1,19	1,15	1,25	1,10	1,11	1,14

В таблице 5 представлены характеристические формы системных состояний, обусловленные наличием критических значений фрактальных размерностей:

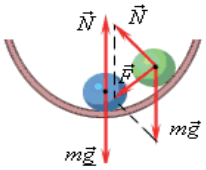
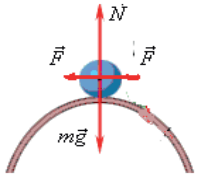
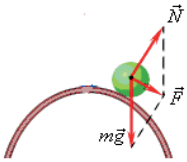
1. Устойчивые саморегулирующиеся состояния – состояния z водного объекта, которые не выходят за пределы его адаптационных возможностей:

$$1 < D \leq D_0 = 1{,}4. \qquad (6)$$

Данная форма организации соответствует максимальным адаптационным возможностям системы для значений параметров порядка $D = D_0$, при которых обеспечивается предельная активность обменных взаимодействий с внешней средой, соответствующая ее максимальной открытости.

Таблица 5

Характеристические формы состояний водного объекта

Формы состояний водного объекта	Метафора экологической устойчивости
Устойчивые саморегулирующиеся состояния экосистемы $1 < D \leq 1{,}4$	
Квазиустойчивые (метастабильные) состояния равновесия, достигаемые за счет утраты системного разнообразия. $1{,}4 < D \leq 1{,}7$	
Неустойчивые состояния экосистемы, приводящие к бифуркации ее структуры $1{,}7 < D \leq 2$	

2. Квазиустойчивые (метастабильные) состояния равновесия, достигаемые за счет утраты системного разнообразия (самоорганизованная критичность):

$$1{,}4 < D \leq D_k = 1{,}7.$$

Эти состояния связаны с преобладанием активности антропогенной нагрузки над способностью водного объекта к самовосстановлению [9, 10]. Метастабильность является следствием превышения критического уровня системной организации $D_0 < D$, что создает нежелательные условия для разбалансирования обменных процессов системы и нарушения ее адаптационных свойств. Данные формы организаций также называют самоорганизованной критичностью, отличительной особенностью которых является их неравновесность и особая чувствительность к малым воздействиям.

3. Неустойчивые состояния системы – состояния, при которых происходит бифуркация структуры системы и переход к более простым формам существования. Этому способствует значительная утрата исходного разнообразия системы, связанная с активным развитием неконтролируемых диссипативных процессов:

$$1{,}7 < D \leq 2. \qquad (8)$$

Полной утрате исходного разнообразия системы соответствуют значения параметров порядка $D = 2$. Таким образом, мультифрактальная модель (4) в виде фазовой диаграммы с учетом ограничений (6)–(8), охватывают все множество решений устойчивых и переходных форм состояний водного объекта. Это значительно расширяет возможности традиционного детерминированного моделирования с дискретными формами состояний.

Преимуществом предлагаемого подхода является возможность унитарной численной оценки разнородных антропогенных нагрузок и сравнение их динамик,

что позволяет сделать вывод о способности структуры системы к самовосстановлению, выявить показатели, динамика которых имеет тенденцию приближения к критическим значениям активности. При этом полученное семейство мультифрактальных портретов формирует динамику системы в двухмерном фазовом пространстве состояний.

Для оценки и принятия управленческих решений эти «портреты» накладываются на выделенные формы критической организации с параметрами порядка D_o, D_k, что позволяет оценить антропогенную сбалансированность системы и ее способность к самовосстановлению в условиях неоднородности вмещающей экосистемы.

Большое значение в поддержке управляющих решений имеет визуализация модельных образов системы и в особенности ее скрытых переходных форм, что позволяет заранее предупредить наступление неблагоприятных экологических состояний и катастроф.

Предложенная мультифрактальная модель может быть эффективна в системах поддержки управленческих решений, когда необходимо оценить эффективность проведенных восстановительных мероприятий по выводу системы из нежелательных состояний. Такая возможность связана с использованием в модели предыстории параметрических наблюдений за системой, вытекающей из ее фрактальности. Прибавляя одну или несколько точек последующих измерений к старым временным рядам, можно получать новые временные ряды и производить сравнение параметрических динамик системы. На основании этого делаются выводы о характере изменения (тенденции) антропогенной устойчивости системы за фиксированный период наблюдений.

Результаты и обсуждение. Результаты фрактальной параметризации состояний Строгинской поймы реки Москвы представлены на рисунках 4–6. Полученные решения характеризуются как метастабильно устойчивые, что является естественным для большинства природных объектов городской среды. Проводимые городские природоохранные мероприятия обеспечивают достаточно высокую сбалансированность внешних нагрузок, как в пространственном, так и временном распределении, на что указывает развитая структура полученных фазовых портретов в контрольных створах акватории поймы. Однако следует обратить внимание на группу биогенных элементов – нитраты, нитриты, и фосфаты, которые за период 2013–2014 гг. устойчиво доминируют экосистему водного объекта в контрольных створах ниже р. Сходни и Спасского моста. Так же следует выделить токсикологическую группу: нефтепродукты и особенно марганец, имеющий не только предельно высокое значение фрактальной размерности, но и отдельные превышения установленного норматива ПДК.

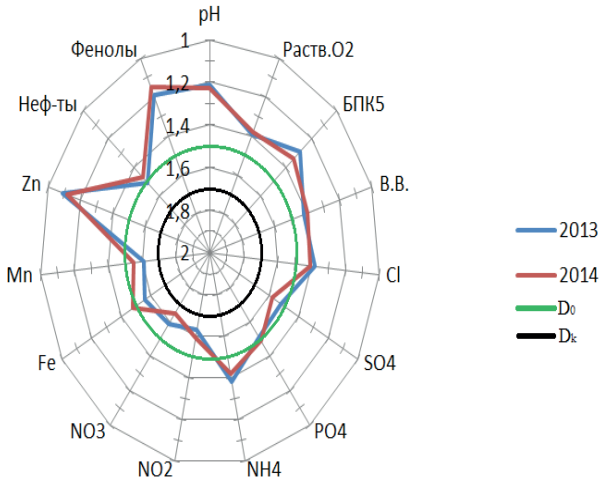


Рис. 4. Динамика экосистемы Строгинской поймы в створе № 1

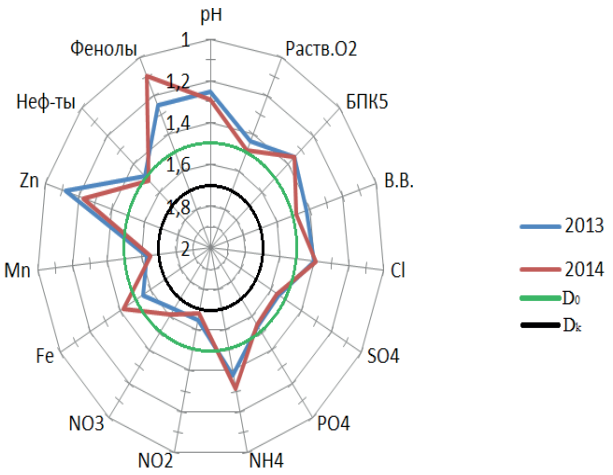


Рис. 5. Динамика экосистемы Строгинской поймы в створе № 2

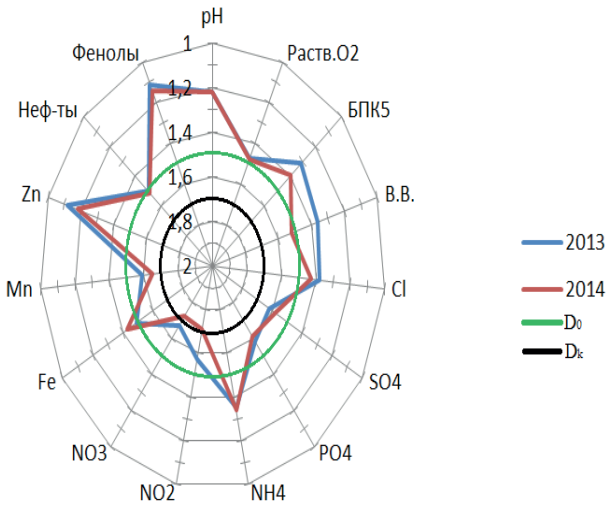


Рис. 6. Динамика экосистемы Строгинской поймы в створе № 3

Выводы

Преимуществом фрактальной параметризации является возможность унитарной численной оценки разнородных антропогенных нагрузок и сравнение их динамик, что позволяет сделать вывод о характере самоорганизации экосистемы, выявить показатели, динамика которых имеет вероятностную тенденцию приближения к критическим значениям активности. При этом полученный фазовый портрет отображает организацию экосистемы водного объекта в двухмерном фазовом пространстве состояний. Для оценки и принятия управленческих решений этот «портрет» накладывается на выделенные формы критической организации водного объекта – D_0, D_k, что позволяет оценить антропогенную сбалансированность его динамики и способность к самовосстановлению в условиях неоднородности вмещающей экосистемы.

Фрактальная параметризация состояний водных объектов не противоречит и эффективно дополняет результаты, полученные с использованием традиционных методик, решениями для переходных форм экологических состояний. Это позволяет заранее обнаружить скрытую неустойчивость экосистемы и принять меры по ее регулированию. Для стабильно устойчивых или неустойчивых состояний оба метода одинаково эффективны. Для переходных состояний традиционные подходы не учитывают скрытую динамику экосистемы в отличие от фрактального метода.

Экологические состояния Строгинской поймы реки Москвы характеризуются как метастабильно устойчивые, что является естественным для большинства природных объектов городской среды. Проводимые городские природоохранные мероприятия обеспечивают достаточно высокую сбалансированность внешних нагрузок, как в пространственном, так и временном распределении. Однако следует обратить внимание на группу биогенных элементов - нитраты, нитриты, и фосфаты, которые за период 2013–2014 гг. устойчиво доминируют экосистему водного объекта в контрольном створе ниже р. Сходни. Так же следует выделить токсикологическую группу: нефтепродукты и особенно марганец, имеющий не только предельно высокое значение фрактальной размерности, но и отдельные превышения установленного норматива ПДК.

В поддержке управляющих решений для водного объекта важны не отдельные превышения установленных нормативов ПДК, а динамика состояний, отражающая устойчивость его структуры в условиях изменяющейся внешней нагрузки. Это позволяет отслеживать моменты включения негативных факторов в динамике водного объекта и своевременно корректировать их последствия. Целью корректирующих мероприятий является стабилизация экологических состояний, за счет повышения сбалансированности внешних нагрузок. Для оценки эффективности корректирующих мелиоративно-восстановительных мероприятий возможно использование прежней статистики временных рядов выбранных показателей – путем прибавления к ним новых значений, полученных после проведения мероприятий. В этом случае по фазовым портретам отслеживаются произошедшие структурные изменения.

Библиографический список

1. **Дубовиков М. М., Старченко Н. В.** Эконофизика и анализ финансовых временных рядов // Сборник ЭАИ МИФИ «Эконофизика. Современная физика в поисках экономической теории». – М.: ЭАИ МИФИ, 2007. – С. 58 – 64.

2. Фрактальные аспекты структурной

устойчивости биотических сообществ / Д. Б. Гелашвили, Г. С. Розенберг, Д. И. Иудин [и др.] // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». – 2013. – Т. 5. – № 2. – С. 143–159.

3. **MacArthur R. H.** Fluctuations of animal populations, and measure of community stability // Ecology. – 1955. – V. 36. – № 7. – P. 353–356.

4. **Hurlbert S. H.** The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters // Ecology. – V. 52. – № 4. – P. 577–586.

5. **Benoit B.** Mandelbrot A Multifractal Walk Down Wall Street // Scientific American. – Feb. 1999. – P. 70–73.

6. **Brillouin L.** Science and information theory. – New York: Academic Press, 1956. – 320 p.

7. **Реньи А.** Трилогия о математике. – М.: Мир, 1980. – 376 с.

8. Renyi entropy as a measure of entanglement in quantum spin chain / F. Franchini, A. R. Its, V. E. Korepin // Journal of Physics A: Math. Theor. – 2008.– Vol. 41., 025302.

9. **Цветков И. В.** Использование фрактальных временных рядов в комплексном анализе речных систем: Моделирование сложных систем: сб. науч. трудов. – Тверь: Изд-во ТвГу, 1998. – Вып.1 – С. 145–155.

10. **Цветков И. В.** Использование фрактальных временных рядов в комплексном анализе речных систем: Моделирование сложных систем: сборник научных трудов – Тверь: Изд-во ТвГу, 1998. – Вып.1. – С. 145–155

11. **Насонов А. Н. Сметанин В. И.** Топологическое моделирование природно-техногенных систем // Природообустройство. – 2013. – № 1. – С. 11–16.

12. **Kudinov A. N., Tsvetkov V. P., Tsvetkov I. V.** Catastrophes in the Multi-Fractal Dynamics of Social-Economic Systems // Russian Journal of Mathematical Physics. – 2011. – Vol. 18. – № 2. – P. 149–155.

13. **Масловская А. Г., Осокина Т. Р., Барабаш Т. К.** Применение фрактальных методов для анализа динамических данных // Вестник Амурского государственного университета: Сер. Естеств. и экон. науки. – 2010. – Вып. 51 – С. 13–20.

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

15. Гигиенические требования к охране поверхностных вод: СанПиН 2.1.5.980-00. – М.: Минздрав России, 2000. – 23 с.

Материал поступил в редакцию 24.07.2015.

Сведения об авторах

Насонов Андрей Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Организация и технология строительства объектов природообустройства»; ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44; тел.: +7-926-207-09-54; e-mail: adn22@yandex.ru.

Никифоров Александр Владимирович, магистр ЗОС ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева; тел.: +7-968-957-89-66; e-mail: runningblinddhc@gmail.com.

Цветков Илья Викторович, доктор технических наук, профессор кафедры «Экономика и управление производством»; ФГБОУ ВО ТвГУ; тел.: +7-910-646-12-30; e-mail: mamcu@ maii.ru.

A. N. NASONOV, A. V. NIKIFOROV
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

I. V. TSVETKOV
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«The Tver state university», Tver

FRACTAL MODELING OF THE DYNAMICS OF ECOLOGICAL STATES OF THE STROGINSKAYA FLOODPLAIN OF THE MOSCOW RIVER ON THE BASIS OF THE STATISTICAL DATA OF HYDRO CHEMICAL INDICES

There is proposed a method of modeling and analysis of the anthropogenic stability of water objects on the basis of building their multifractal models taking into consideration heterogeneity of the containing ecosystem. Ecological states are proposed to be assessed by overlaying the obtained multifractal form of the water object on the selected forms of its critical organization meeting the limits of the structure restoration. The advantage of the method is a possibility of the unitary numerical evaluation of heterogeneous anthropogenic loads and comparison of their dynamics which allows drawing a conclusion about the character of the ecosystem self-organization,revealing indices the dynamics of which has a probabilistic tendency of approaching critical values of the activity. The method effectively adds standard means of calculation by decisions of transitional states which can be used in the structure of ecological rehabilitation and management of water objects development. It is noted that ecological states of the Stroginskaya floodplain of the Moscow river are characterized as metastable steady which is natural for most natural objects of the urban medium. The carried out urban environmental measures provide a rather high equilibrium of external loadings both in spatial and temporal distribution. However it is necessary to pay attention to the group of biogenic elements (nitrates,nitrites and phosphates) which for the period 2013–2014 steadily dominate the ecosystem of the water object in the controlled station downstream river Skhodnya. It is also needed to single out a toxicological group: oil products and in particular manganese which has not only a maximum high value of the fractal dimension but also some exceeding of the established norm MPC.

Water object, ecological states, anthropogenic stability, fractal modeling, critical forms of organization.

References

1. **Dubovikov M.M., Starchenko N.V.** Econophysics and analysis analysis of financial time series // Collection EAI MIFI «Ecophysics. Modern physics in searching economic theory». – M.: EAI MIFI, 2007. – P. 58 – 64.

2. Fractal aspects of structural stability of biotic communities / D.B. Gelashvili, G.S. Rosenberg, D.I. Iudin [and others] // The Interdisciplinary scientific and applied journal «Biosphere». – 2013. – V. 5. – № 2. – P. 143–159.

3. **MacArthur R. H.** Fluctuations of animal populations, and measure of community stability // Ecology. – 1955. – V. 36. – № 7. – P. 353–356.

4. **Hurlbert S. H.** The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters // Ecology. – V. 52. – № 4. – P. 577–586.

5. **Benoit B.** Mandelbrot A Multifractal Walk Down Wall Street // Scientific American. – Feb. 1999. – P. 70–73.

6. **Brillouin L.** Science and information theory. – New York: Academic Press, 1956. – 320 p.

7. **Renui A.** Trilogy on mathematics. – M.: Mir, 1980. – 376 p.

8. Renyi entropy as a measure of entanglement in quantum spin chain / F. Franchini, A. R. Its, V. E. Korepin // Journal of Physics A: Math. Theor. – 2008.– Vol. 41., 025302.

9. **Tsvetkov I.V.** Usage of fractal time series in the complex analysis of river systems: Modelling of complex systems: collection of scientific papers. – Tver: Publishing house TvGU, 1998. – Iss.1. – P. 145–155.

10. **Tsvetkov I.V.** Usage of fractal time series in the complex analysis of river systems: Modeling of complex systems: – Tver: Publishing house TvGU, 1998. – Iss.1. – P. 145–155.

11. **Nasonov A.N., Smetanin B.I.** Topological modeling of natural – anthropogenic systems // Enviro **Kudinov A. N., Tsvetkov V. P., Tsvetkov I. V.** Catastrophes in the Multi-Fractal Dynamics of Social-Economic Systems // Russian Journal of Mathematical Physics. – 2011. – Vol. 18. – № 2. – P. 149–155.

12. **Kudinov A. N., Tsvetkov V. P., Tsvetkov I. V.** Catastrophes in the Multi-Fractal Dynamics of Social-Economic Systems // Russian Journal of Mathematical Physics. – 2011. – Vol. 18. – № 2. – P. 149–155.

13. **Maslovskaya A.G., Osokina T.R., Barabash T.K.** Usage of fractal methods for the analysis of dynamic data // Vestnik of the Amur state university: Ser. Natural and economic sciences. – 2010. – Iss. 51 – P. 13–20.

14. **Khabarova E.I., Rozdin I.A., Nikitina S.V., Leontjeva S.V.** Calculation and assessmenr of ecologically significant parameters: tutorial. – M.: MITHT, 2010. – 64 p.

15. Hygienic requirements to surface water protection: SanPiN2.1.5.980-00. – M.: Minzdrav of Russia, 2000. – 23 p.

Received on July 24, 2015.

Information about the authors

Nasonov Andrey Nikolaevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Organization and technology of building objects of environmental engineering»; FSBEI HERSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Boljshaya Academicheskaya, 44; tel.: +7-926-207-09-54; e-mail: adn22@yandex.ru.

Nikiforov Alexander Vladimirovich, master ZOS FSBEI HERSAU–MAA named after C.A. Timiryazev;tel.: +7-968-957-89-66; e-mail: runningblinddhc@gmail.com.

Tsvetkov Ilya Victorovich, doctor of technical sciences, professor of the chair «Economics and management of production»; FSBEI HETvGU; tel.: +7-910-646-12-30; e-mail: mamcu@ maii.ru.

УДК 502/504 : 630.266

А. И. ПЕТЕЛЬКО
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Новосильская зональная агролесомелиоративная опытная станция имени А. С. Козменко
Всероссийского научно-исследовательского агролесомелиоративного института», г. Мценск

А. Т. БАРАБАНОВ
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский агролесомелиоративный институт», г. Волгоград

ПОКАЗАТЕЛИ СТОКА ТАЛЫХ ВОД ЗА 1959–2008 ГОДЫ

В статье приводятся научные исследования по снегозапасам,стоку талых вод на зяблевой вспашке, уплотненной пашне за 50 лет. На Новосильской зональной агролесомелиоративной опытной станции впервые применен комплексный подход по защите почв от водной эрозии,предложена противоэрозионная организация территории по рациональному использованию эродированных земель. Из агротехнических мероприятий наиболее эффективной оказалась глубокая зяблевая вспашка. Углубление пахотного слоя на 1 см обеспечивает уменьшение поверхностного стока от 4 до 41 м^3/га. Сильное увлажнение почвы с осени,период глубоких оттепелей зимой,образование ледяной корки в отдельные годы способствуют снижению эффективности глубокой вспашки. Происходит увеличение весеннего стока из-за глубокого промерзания почвы и образования ледяного экрана. Испытание агротехнических водоудерживающих обработок показало, что уменьшение поверхностного стока талых вод на серых лесных почвах происходит на глубокой зяблевой обработке. Наблюдения за 50 лет показали,что осредненный сток с зяби равнялся 20,5 мм,коэффициент стока – 0,217,а на уплотненной пашне эти показатели,соответственно,несколько выше – 29,3 мм и 0,300. Увеличение стока произошло на 8,8 мм,коэффициента стока – 0,083 по сравнению с зябью. В многолетних рядах выявлены величины поверхностного стока на разных агрофонах. Полученные многолетние материалы необходимы при проектировании комплекса противоэрозионных мероприятий.

Эрозия почв, зяблевая вспашка, уплотненная пашня, запасы снега, поверхностный сток, коэффициент стока.

Водная эрозия почв приносит значительный ущерб сельскому хозяйству и является экологическим бедствием. Необходимо постоянно вести борьбу с ней на государственном уровне. Для решения этой задачи нужно использовать

разработку теоретических основ управления эрозионно-гидрологических процессов, влияние на них природных и антропогенных факторов. Важно знать, на какие природные факторы нужно воздействовать. Многолетними исследованиями на Новосильской ЗАГЛОС установлено, что основными природными факторами стока талых вод являются увлажнение и глубина промерзания почвы, снегозапасы.

В России водной эрозии подвержено 43,7 млн га, ветровой – 13 млн га. Смытые почвы составляют: в лесной зоне – 32 %, в лесостепной – 41 % и в степной – 43 %. Такое положение связано с тем, что более половины сельхозугодий в Российской Федерации расположено на склонах различной крутизны. Общеизвестно, что склоновые земли особенно ранимы к нерациональному и бесхозяйственному использованию. Дело в том, что при нарушении технологических требований на пахотных землях с крутизной более 1° (иногда даже 0,5°) уже начинаются эрозионные процессы.

Мировой опыт свидетельствует о том, что сохранение плодородия почв, расширенное воспроизводство продуктивности земель невозможно без экологической оптимизации структуры агролесоландшафтов. Этим требованиям отвечают системы земледелия с противоэрозионной организацией территории.

Основной задачей противоэрозионной организации территории является такое распределение земель для использования, которое обеспечивает наилучшую защиту почв от эрозии, повышение их плодородия и получение наибольшего количества сельскохозяйственной продукции.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Новосильская зональная агролесомелиоративная опытная станция им. А. С. Козменко в Орловской области – старейшее научное учреждение (95 лет), занимающееся разработкой системы противоэрозионных мероприятий. Территория опытного хозяйства Новосильской ЗАГЛОС расположена в бассейне реки Зуши и составляет около 5000 га. Рельеф волнистый. Вся территория расчленена густой сетью лощин и суходолов (13 гидрографических стволов протяженностью от 1,3 до 15,8 км), впадающих в долину реки Зуши. На речных и суходольных склонах доминируют береговые овраги, количество которых в границах Новосильского района 152 шт. Склоновые овраги распространены значительно меньше, их число составляет 51 шт. Донных оврагов всего 6 шт. Площади с высоким показателем густоты оврагов (от 0,1 до 0,5 км/км в квадрате). Овраг – это самая разрушительная форма линейной эрозии, выражающаяся в образовании глубинных размывов разнообразных очертаний, из которых вместе с почвой вынесена значительная масса грунта в нижележащие звенья гидрографической сети. Он имеет характерную внешнюю форму.

Размыв происходит с началом земледельческой культуры и, особенно, с периода распашки склонов водосбора и вырубки лесных площадей. Современным размывам наиболее подвержены местности с глубоко расчлененным гидрографической сетью рельефом. Размыв поверхности суши, как и смыв почвы, в определенных условиях протекает постоянно, если не проводить почвозащитных мероприятий.

На Новосильской ЗАГЛОС была сформулирована оригинальная теория рельефообразования, на основе которой разработаны научные основы противоэрозионной мелиорации: впервые применен комплексный подход к защите почв от эрозии на водосборных площадях; разработаны основы ландшафтного системного обустройства территории. На станции созданы уникальные объекты, отвечающие современным требованиям систем земледелия на ландшафтной основе.

В последние годы агрономической наукой в качестве основы ландшафтно-экологического земледелия предложена контурная организация территории по рациональному использованию земель. На опытной станции лесные контурные полосы из дуба заложили еще в 1926 г. На станции длительное время изучают противоэрозионные агротехнические приемы. Дана оценка агроприемов по влиянию их на поверхностный сток, как главный фактор водной эрозии, а в агрономическом отношении по влиянию на увлажнение полей и повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

Как показали наблюдения, зяблевая вспашка поперек склона по сравнению со вспашкой вдоль склона сокращает сток талых вод в пределах 70 м^3/га. В большинстве случаев водозадерживающая

роль ее проявляется меньше.

Большое значение придавалось изучению эффективности глубокой зяблевой вспашки.

На серых лесных почвах (слабо и среднесмытых) углубление пахотного слоя на 1 см обеспечивает уменьшение стока талых вод в пределах от 4 до 41 м^3/га. В зависимости от глубины пахоты, сложившихся погодных условий и сочетания почвы, в различные годы дополнительное поглощение весеннего стока колебалось от 58 до 265 м^3/га, а в некоторых случаях и больше. На снижение эффективности глубокой зяблевой вспашки в отдельные годы сказывается сильное увлажнение почвы с осени или в период зимних оттепелей с последующим замерзанием, а также при образовании ледяной корки.

Гребнистая вспашка способствует некоторому задержанию снега. Однако, в поглощении стока талых вод она мало отличается от обычной вспашки. Слабая стокопоглотительная способность гребнистой вспашки объясняется уменьшением рыхлого слоя под бороздой, что равнозначно уменьшению глубины пахоты, и, следовательно, сокращению инфильтрационной способности. Этот недостаток присущ и другим видам воздерживающих обработок с образованием искусственного микрорельефа.

Как показали научные исследования, перекрестное бороздование не оказывает существенного влияния на уменьшение стока талых вод. Коэффициент стока при бороздовании во все годы наблюдений был выше по сравнению с контролем. Лункование зяби оказывает некоторое влияние на задержание снега и увеличение снегозапасов и, благодаря этому, в отдельные годы просачиванию талой воды в почву. Коэффициент стока при лункновании не уменьшается (0,42), сток 50 мм.

Как и следовало ожидать, повышение урожайности сельскохозяйственных культур от применения гребнистой вспашки, прерывистого бороздования и лункования зяби не наблюдалось.

Щелевание мерзлой зяби осенью на глубину 45...50 см с расстояниями между щелями 140 см и ширина щелей 5 см показало, что при зимних оттепелях стенки щели обрушивались и заполнялись почвой. При этом щелевание, как водозадерживающий прием, теряет свое значение.

Таким образом, испытание агротехнических водозадерживающих обработок почвы показало, что самым эффективным, а вместе с тем простым и доступным приемом уменьшения поверхностного весеннего стока на серых лесных почвах является глубокая зяблевая вспашка.

На Новосильской ЗАГЛОС режим поверхностного стока снеговых вод изучали с 1923 по 1941 годы, а затем работы прекратили из-за начала Великой Отечественной войны и возобновили в 1958 году. Наблюдения за стоком талых вод в период с 1923 по 1941 гг. проводили на водосборах площадью от 50 до 500 га. По данным А. С. Козменко и А. Д. Ивановского, показатели стока с водосборов в среднем составляли 70...80 мм при максимуме 100 мм. Коэффициент стока колебался от 0,70 до 0,93, в среднем составлял 0,85. Максимальный модуль стока достигал 11 л/с с 1 га, а средняя его величина понижалась до 3 л/с. Максимальный суточный объем стока составлял в среднем 200 м^3. На основании этих данных не представляется возможным охарактеризовать весенний сток с различных видов пашни.

При проведении научных исследований использовали методику Г. П. Сурмача (1967 г.) по изучению водорегулирующей и противоэрозионной эффективности лесных полос и агротехнических приемов и др. Стоковые площадки закладывали осенью на выбранных и заранее подготовленных участках. Длина площадок 200 м, ширина – 20 м. Эта работа выполнялась навесным плугом с оставлением лишь второго корпуса и постановкой на него удлиненного отвала на тракторе ДТ-54 или при помощи малого плантажного плуга ПГН-40. Нарезали стоковые площадки на зяблевой вспашке и уплотненной пашне. Затем наблюдали за снегоотложением, промерзанием, влажностью почвы, стоком и смывом в холодный период.

Многолетние наблюдения за стоком талых вод на зяблевой вспашке показали, что углубление пахотного слоя способствует уменьшению поверхностного весеннего стока. Во влажные и суровые зимы устойчивый эффект ее снижается из-за сильного переувлажнения и глубокого промерзания почвы. Сток увеличивается. Из всех водозадерживающих агроприемов лучшей является глубокая зябь до 25...30 см. Изучением агротехнических приемов на стоковых площадках занимались на

станции Г. П. Сурмач, А. Т. Барабанов, Н. Е. Петелько, А. И. Петелько, Е. Я. Тубольцев и др. [1–5].

Авторы расмотрели фактические данные по стоку с различных сельскохозяйственных угодий на Новосильской ЗАГЛОС за период 1959–2008 гг. Наблюдения за стоком проводили: Г. П. Сурмач, В. Н. Дьяков, В. Л. Сухов, Л. Я. Королева, Е. А. Гаршинев, А. Т. Барабанов, Н. Е. Петелько, А. И. Петелько, В. П. Борец, Е. Я. Тубольцев и др. Формирование стока изучали на зяблевой вспашке, озимых и других сельскохозяйственных угодьях.

Сведения о весеннем стоке представлены в таблице.

Осредненные показатели стока с разных угодий (1959–2008 гг.)

Годы	Зябь			Уплотненная пашня		
	запасы снега, мм	сток, мм	коэф. стока	запасы снега, мм	сток, мм	коэф. стока
1959	156	113	0,724	133	112	0,842
1960	127	75	0,591	152	112	0,737
1961	32	7	0,219	22	12	0,545
1962	22	13	0,591	23	21	0,913
1963	116	61	0,526	115	72	0,626
1964	121	58	0,479	113	91	0,805
1965	64	37	0,578	75	31	0,413
1966	77	4	0,052	105	3	0,029
1967	150	78	0,520	147	107	0,728
1968	169	1	0,006	145	26	0,179
1969	66	24	0,364	80	51	0,638
1970	192	83	0,432	221	94	0,425
1971	127	66	0,520	82	32	0,390
1972	56	15	0,268	56	15	0,268
1973	62	29	0,468	53	31	0,585
1974	50	29	0,580	49	44	0,898
1975	86	0	0	89	0	0
1976	137	0	0	160	3	0,019
1977	138	12	0,087	149	20	0,134
1978	91	0	0	177	20	0,113
1979	128	37	0,289	135	45	0,333
1980	135	29	0,215	153	42	0,275
1981	162	0	0	132	15	0,114
1982	100	2	0,020	100	5	0,050
1983	97	2	0,021	91	27	0,297
1984	41	12	0,293	67	18	0,269
1985	168	9	0,054	168	64	0,381
1986	72	49	0,681	79	49	0,620
1987	160	31	0,194	149	33	0,221
1988	107	23	0,215	127	35	0,276
1989	81	0	0	116	0	0
1990	39	21	0,538	63	38	0,603
1991	58	3	0,052	53	21	0,396
1992	54	0	0	66	0	0
1993	40	9	0,225	42	22	0,524
1994	119	37	0,310	127	50	0,393
1995	107	0,3	0,002	114	4	0,035
1996	73	29	0,397	81	26	0,320
1997	56	1,1	0,019	71	26	0,367
1998	48	0	0	46	0	0
1999	144	0	0	114	1,9	0,016
2000	57	0,5	0,007	26	2,0	0,076
2001	81	0	0	11	0	0
2002	81	0	0	66	0	0
2003	97	24,1	0,249	66	37	0,560
2004	58	0	0	97	0	0
2005	71	0	0	109	5,3	0,095
2006	136	0	0	111	0	0
2007	51	0	0	62	0	0
2008	67	0	0	83	0	0
$n = 50$	94,5	20,5	0,217	97,5	29,3	0,3

Примечание: приведены многолетние данные Г. П.Сурмача, А. Т. Барабанова, Н. Е. Петелько, А. И. Петелько, Е. Я. Тубольцева, В. А. Ивановой, О. В. Богачевой, В. П. Борца, Е. А. Гаршинева.

Обобщенные данные за многолетний период показали, что сток талых вод (по шкале интенсивности Г. П. Сурмача) на зяби очень сильный был 3 года, сильный – 5 лет, умеренный – 13 лет, слабый – 5 лет, очень слабый – 10 лет, из 50-ти годонаблюдений 14 лет сток отсутствовал. Вся вода поглотилась почвой. На уплотненной пашне (многолетние травы, озимые и др.) сток за указанный период не сформировался в 1975, 1989, 1992, 1998, 2001, 2002, 2004, 2006, 2007, 2008 годах, то есть 10 лет поверхностного стока не было. В остальные годы величина стока была разной интенсивности. За 50 лет осредненный сток с зяби составил 20,5 мм, коэффициент стока 0,217, запасы снеговой воды – 94,5 мм.

Показатели стока талых вод с уплотненной пашни увеличивались и равнялись, соответственно, 29,3 мм, 0,300 и 97,5 мм. Сток с уплотненной пашни по сравнению с зяблевой вспашкой увеличился на 8,8 мм.

По полученным многолетним данным можно рассчитать и построить кривые обеспеченности склонового стока для центральной лесостепи на серых лесных почвах. Весенний сток за 50 лет смотрите на рисунке 1.

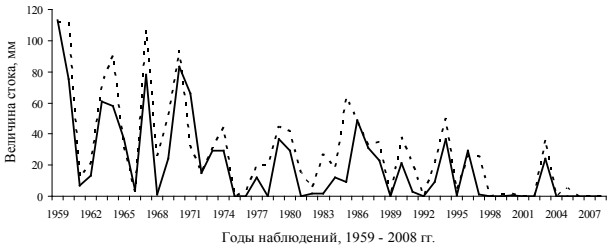


Рис. 1. **Сток талых вод:** – зябь; --- уплотненная пашня

Таким образом, в многолетних рядах по стоку выявлены нормированные по обеспеченности величины поверхностного стока на зяби и с уплотненной пашни. Полученные научные материалы являются необходимыми для расчетных методов разработки и проектирования противоэрозионных комплексов.

На рисунке 2 приведены кривые вероятности превышения стока с зяби и уплотненной пашни. На графике видно, что на зяблевой вспашке сток 20%-ной обеспеченности составляет 39 мм, а 70%-ной обеспеченности – около 1 мм. На уплотненной пашне сток 70%-ной обеспеченности превышает 7 мм, 20%-ной обеспеченности он больше – 50 мм. Отсюда следует, что уплотненная пашня способствует увеличению стока талых вод по сравнению с зябью.

Выводы

Система мер защиты почв от эрозии должна строиться на основе знания закономерностей эрозионно-гидрологических процессов под влиянием природных и антропогенных факторов.

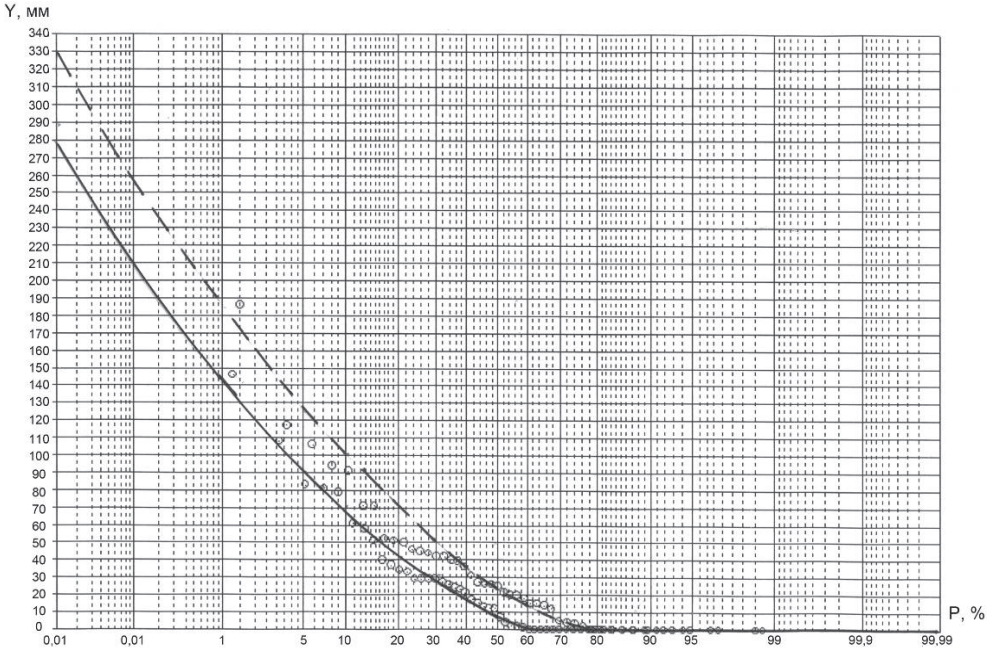


Рис. 2. **Кривые вероятности превышения (Р, %) поверхностного стока талых вод (Y, мм) с отвальной зяби и уплотненной пашни на серых лесных почвах ЦРНЗ:** – зябь отвальная; – – – уплотненная пашня

Анализ многолетних исследований закономерностей формирования поверхностного стока талых вод за 50-летний период, построение теоретических и эмпирических кривых вероятности превышения позволили оценить его уровень разной обеспеченности, создать нормативную базу для гидрологических расчетов, прогнозирования весеннего стока, разработки систем противоэрозионных мероприятий для управления эрозионно-гидрологическим процессом.

Библиографический список

1. **Сурмач Г. П.** Водная эрозия почв и борьба с ней. – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 235 с.

2. **Барабанов А. Т.** Агролесомелиорация в почвозащитном земледелии. – Волгоград, 1993. – 156 с.

3. **Петелько Н. Е., Петелько А. И.** Целесообразность применения удобрений

на эродированных почвах и их влияние на урожайность и качество зерна // Научно-технический бюллетень. – Курск, 1990. – Вып. 2 (65). – С. 6–12.

4. **Тубольцев Е. Я.** Противоэрозионная эффективность агрономических приемов и лесных насаждений на склонах юга Нечерноземной зоны: автореф. дис...канд. с.-х. наук: 06.03.04. – Волгоград, 1989. – 24 с.

5. **Петелько А. И.** Весенний сток с различных агрофонов // Эрозия почв: проблемы и пути повышения эффективности растениеводства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Ульяновск, 2009. – С. 105–108.

Материал поступил в редакцию 16.01.2015.

Сведения об авторах

Петелько Анатолий Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, директор; ФГБНУ «Новосильская зональная агролесомелиоративная опытная станция имени А. С. Козменко ВНИАЛМИ»; 303035, Орловская обл., г. Мценск, ул. Семашко, д. 2а; тел.: 8 (48646) 2-87-55; e-mail: zaglos@mail.ru.

Барабанов Анатолий Тимофеевич, доктор сельскохозяйственных наук; главный научный сотрудник; ФГБНУ ВНИЛМИ; 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97; тел 8 (844-2) 46-25-67.

A. I. PETELJKO
The Federal state budget scientific institution
«The Novosiljskaya zonal agro forest reclamation experimental station named after A. S. Kozmenko
The All-Russian research agro-forest-reclamation institute», Mtsensk

A. T. BARABANOV
The Federal state budget scientific institution
«The All-Russian research agro-forest-reclamation institute», Volgograd

INDICES OF THAW WATER RUNOFF FOR THE 1959–2008 YEARS

In the article there are given scientific researches on snow stocks,thaw water runoff on the autumn plowing, compacted land for 50 years. At the Novosiljskaya zonal agro-forest- reclamation experimental station there was used for the first time an integrated approach on soils protection from water erosion, there was proposed an erosion-preventive arrangement of the territory on rational use of eroded lands. Among agro technical measures deep autumn plowing was found to be the most effective one. Deepening of the plowing layer by 1 cm provides decreasing of the surface runoff from 4 to 41 m^3/ha. Great soil moistening from autumn, period of deep thawing in winter, formation of ice crust during some years promotes to the efficiency reduction of deep plowing. There occurs increasing of spring runoff due to deep soil freezing and formation of ice screen. Testing of agro technical water-retaining treatments showed that decreasing of the surface runoff of thaw water on grey forest soils occurs on the deep autumn treatment. Observations for 50 years showed that the average runoff from the land plowed in autumn was 20,5 mm. runoff coefficient – 0,217,and on the compacted land these indices were correspondingly higher – 29,3 mm and 0,300. Runoff increase was by 8,8 mm,runoff coefficient – 0,083 in comparison with the land plowed in autumn. In long-term records there were revealed values of surface runoff on different agrophons. The obtained materials of many years are necessary when planning a complex of erosion-preventive measures.

Soils erosion, autumn plowing, compacted land, snow stocks, surface runoff, runoff coefficient.

References

1. **Surmach G. P.** Water erosion of soils and its control. – L.: Hydrometeoizdat, 1976. – 235 p.

2. **Barabanov A. T.** Agro-forest-reclamation in the soil protective farming. – Volgograd, 1993. – 155 p.

3. **Peteljko N. E., Peteljko A. I.** Reasonability of applying fertilizers on eroded soils and their influence on crop capacity and grain quality // Scientific – technical bulletin. – Kursk, 1990. – Iss. 2 (65). – P. 6–12.

4. **Tuboljtsev E. Ya.** Erosion-preventive effectiveness of agronomic methods and forest plantings on the slopes of the south of the Nechernozemnoy zone: author's abstract of the candidate of agricultural sciences: 06.03.04. – Volgograd, 1989. – 24 p.

5. **Peteljko A. I.** Spring flow from different agrophons // Erosion of soils: problems and ways of raising efficiency of plant growing: Materials of the International theoretical – practical conference. – Ulianovsk, 2009. – P. 105–108.

Received on January 01, 2015.

Information about the authors

Peteljko Anatolij Ivanovich, doctor of agricultural sciences, director; The Federal state budget scientific institution «The Novosiljskaya zonal agro-forest-reclamation experimental station named after A.S. Kozmenko VNIALMI»; 303035, Orlovskaya area, Mtsensk, ul. Semashko, 2a; tel.: 8 (48646) 2-87-55; e-mail: zaglos@mail.ru.

Barabanov Anatolij Timofeevich, doctor of agricultural sciences; chief researcher; FSBSI VNILMI; 400062, Volgograd, pr. Universitetsky, 97; tel. 8 (844-2) 46-25-67.

УДК 502/504 : 628.11 : 629.7.067.8

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

ОБОСНОВАНИЕ ОБЪЕМА ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ВОДОПОДАЧИ ПРИ ШЛЮЗОВАНИИ ТОРФЯНИКОВ

Актуальной проблемой является предупреждение пожаров на торфяниках. С целью решения данной проблемы рассматривается богатая осушенными торфяниками Мещерская низменность, а для ее решения предлагается увлажнение с помощью шлюзования каналов осушительной сети до влажности более 0,5 от пористости. Для проверки эффективности данного способа борьбы с пожарами применена двумерная математическая модель, и получены результаты расчетов вариантов шлюзования с подъемом уровня воды в каналах ниже поверхности земли на 0,5 и 0,8 м. Проведено сравнение полученных по модели объемов воды для разных вариантов шлюзования каналов, необходимых для обеспечения противопожарной влажности почвы. Рекомендован оптимальный вариант шлюзования. С помощью модернизированной математической модели А. И. Голованова и Ю. И. Сухарева выполнен расчет показателей шлюзования осушенных болот в Мещерской низменности. Длительность периода расчетов составила 53 года. Рассмотрены несколько вариантов шлюзования с разным подъемом уровней воды в каналах для пяти действующих метеостанций. Результаты расчетов визуализированы путем построения карт изменения показателей шлюзования для Мещерской низменности. Отмечается, что необходима оптимизация показателей шлюзования, так как при значительном подъеме уровня грунтовых вод корневая система подтапливается и растения снижают свою продуктивность, а высокая влажность верхнего слоя торфа препятствует его возгоранию. Высказаны соображения о преимуществе травопольного содержания осушенных торфяников с целью их сохранения как ценных природных объектов и земельных угодий. Оценены объемы дренажного стока и подачи воды в осушительную сеть при разных вариантах шлюзования осушительной сети для лет с разным дефицитом природного увлажнения территории. Результаты позволяют рассчитать объем пруда-накопителя в случае временного недостатка воды в острозасушливые периоды.

Мещерская низменность, противопожарное шлюзование, дефицит увлажнения, влажность торфяника, шлюзование с подъемом уровня воды в канале, объем водоподачи.

Введение. Мещерская низменность - обширная равнина в Центральной России. С юга она ограничена рекой Окой, с севера - Клязьмой, с востока реками Судогдой и Колпной. Западная граница равнины доходит до Москвы: парк Сокольники» и национальный парк «Лосиный остров» – остатки лесных массивов равнины.

Мещерская низменность богата болотами, в том числе и выработанными, а также используемыми в сельском хозяйстве. Близость к Москве и к другим городам, задымление которых при торфяных пожарах создает опасность для здоровья и жизни людей, делает проблему предупреждения пожаров весьма актуальной. Характерным для этого был 1972 год, экстремальный (с повторяемостью менее 2 %) по засушливости, дефицит увлажнения, то есть разность между испаряемостью и осадками, для которого составил на разных станциях от 434 до 608 мм, и превысил примерно в 2,7...3,3 раза норму осадков за теплый период (132...225 мм). В другом, экстремально влажном 1962 году, дефицит сменился избытком влаги и колебался по станциям от –191 до –304 мм. (табл. 1). Амплитуда колебания увлажнения составила от 673 до 827 мм за теплый период 53 лет.

Материал и методы. Для исследования процесса увлажнения корнеобитаемого слоя при разных вариантах шлюзования осушительной сети применена математическая модель А. И. Голованова и Ю. И. Сухарева. Примененная модель была проверена нашими экспериментальными данными [1]. В отличие от других методов расчета она детально описывает процессы влагопереноса, учитывает особенности движения влаги при неполном насыщении и влияние растительного покрова.

Таблица 1

Характеристика лет по дефициту увлажнения (мм) за теплый период для станций Павловский Посад, Черусти, Владимир, Тума, Шилово

№№ ряда	Павлов. Посад	Черусти	Владимир	Тума	Шилово	Обеспеченность, %	Характеристика года
1	450	434	482	456	608	1,3	самый сухой
2	389	325	365	400	448	3,2	
3	314	272	331	321	412	5,1	
4	294	262	329	311	371	6,9	
5	290	222	302	310	334	8,8	
6	238	218	258	305	324	10,7	сухой
7	237	214	251	303	299	12,5	
8	225	199	251	298	297	14,4	
9	223	198	240	293	290	16,3	
10	205	197	226	276	290	18,2	
11	198	196	224	268	290	20,0	
12	195	190	211	263	283	21,9	
13	190	188	196	245	281	23,8	
14	174	187	187	233	266	25,7	полусухой
15	174	185	187	232	261	27,5	
16	174	161	184	202	254	29,4	
17	159	159	170	202	251	31,3	
18	159	149	157	201	240	33,1	
19	157	145	154	192	239	35,0	
20	121	143	145	191	236	36,9	
21	114	140	143	187	235	38,8	
22	102	133	142	178	223	40,6	
23	87	127	141	174	199	42,5	
24	81	122	123	174	198	44,4	
25	80	121	119	170	188	46,3	
26	69	118	118	163	183	48,1	
27	58	116	110	163	182	50,0	средний
28	47	108	103	159	178	51,9	
29	43	98	99	155	176	53,7	
30	37	75	98	143	172	55,6	
31	34	69	87	114	150	57,5	
32	32	67	79	99	138	59,4	
33	28	59	74	92	127	61,2	
34	23	57	66	76	120	63,1	
35	16	47	63	67	105	65,0	
36	1	47	59	66	89	66,9	
37	−8	41	56	63	87	68,7	
38	−15	37	51	61	83	70,6	
39	−19	30	46	52	81	72,5	
40	−20	25	43	39	80	74,3	полувлажный
41	−21	25	40	35	62	76,2	
42	−27	13	26	27	56	78,1	
43	−37	12	24	21	43	80,0	
44	−39	1	20	−9	25	81,8	
45	−49	−31	12	−13	−12	83,7	
46	−61	−35	10	−24	−24	85,6	
47	−63	−56	7	−31	−31	87,5	
48	−73	−67	3	−47	−34	89,3	влажный
49	−99	−75	−34	−55	−39	91,2	
50	−122	−92	−80	−94	−96	93,1	
51	−145	−110	−94	−103	−146	94,9	
52	−164	−220	−128	−284	−156	96,8	
53	−293	−241	−191	−304	−219	98,7	самый влажный
Амплитуда, мм	743	675	673	760	827		

При математическом моделировании противопожарного шлюзования в разные по увлажнению годы был применен геосистемный (ландшафтный) подход, позволивший считать болото непременной частью местного водосбора, питание его осуществляется за счет притока с вышележащих склонов и возвышенностей.

Для моделирования противопожарного шлюзования в разные по увлажнению годы необходимо определить водно-физические свойства торфяной залежи и окружающей болото территории. Для этого обобщены данные [2, 3]. Моделирование велось для низинных торфяников одной древесно-травяной группы и торфяной залежи одного древесно-осокового вида. Характеристики низинных торфяников: плотность 0,2...0,3 т/м^3, коэффициент фильтрации 1...2 м/сут, высота капиллярного подъема 0,65...0,9 м, пористость 0,75...0,85 объема, водоотдача 0,08...0,14 относит. ед. [4], степень разложения 30...75 %,

зольность 10...30 % на абсолютно сухую почву [5].

Принято, что осушенные торфяники осваиваются для высокопродуктивных кормовых смесей, густой травостой которых обеспечивает пожаростойкость по сравнению с измельченной и иссушенной гидрофобной торфяной массой с плохим впитыванием воды и легко подверженной возгоранию даже от окалины, вылетающей из выхлопных труб двигателей.

Надежность прогноза зависит от длительности периода моделирования, были использованы 53-х летние ряды данных по всем работающим метеостанциям Мещеры.

Предпочтительней прямой счет влажности, так как известные способы расчета шлюзования (С. Ф. Аверьянов, Н. Н. Веригин, Д. А. Манукян и др.) не дают описания влажности, а только напоров в зоне полного насыщения. Использованный при моделировании термодинамический подход позволяет помимо гравитационного рассматривать и другие составляющие потенциала почвенной влаги (каркасный и капиллярный), а, следовательно, вычислять влагосодержание среды [6].

При многолетних прогнозах надо рассчитывать цепочку связанных начальными условиями лет, поэтому надо вводить при расчетах каждый год целиком, в виде гидрологического года, который начинается для данной местности 1 апреля, т.е. с начала теплого периода и до его конца, когда температура воздуха превышает +5 °С, и следующий за ним холодный период со снеговым покровом, когда поступление влаги прекращается, испарение отсутствует, а вода накапливается на поверхности. Учтя по известным формулам испарение с поверхности снега [7] и используя величины коэффициента поверхностного стока по А. Н. Костякову [8], можно ориентировочно найти объем поверхностного стока и, следовательно, слой весеннего увлажнения, который и принимается начальным для следующего года. Для использования этого алгоритма счета год разбивается на два периода: теплый, а затем холодный со своими показателями погоды.

Была учтена географическая изменчивость погодных условий, явно проявляющаяся на карте дефицитов увлажнения теплого периода средняя для 53 лет (рис. 1). Она явилась основой зонирования показателей шлюзования (подъема уровня воды в осушительных каналах или напора в дренах, влажности, глубин грунтовых вод, объема дренажного стока, объема подачи воды для шлюзования и др.). Было рассмотрено три варианта расчета для каждой из 5-ти метеостанций:

1. так называемое «стандартное» осушение с глубиной регулирующей и ограждающей сети, рекомендуемой нормами и правилами, обеспечивающей минимально допустимую норму осушения, которая в засушливые годы создает некоторую переосушку и которая имеет место в практике осушения болот Мещеры. Это явление вызывает необходимость создания осушительно-увлажнительных систем;

2. «мягкое» шлюзование с поддержанием уровней воды в канале на 0,8 м ниже поверхности земли;

3. «решительное» шлюзование с поддержанием уровней воды в канале на 0,5 м ниже поверхности земли.

Рис.1. **Изолинии дефицитов увлажнения теплого периода (средние для 53 лет)**

В последнем случае уровни грунтовых вод уже заходят в пределы корнеобитаемой зоны, начинают угнетать растения и

снижать продуктивность посевов, но создают гарантированное противопожарное увлажнение поверхностного слоя торфа. По литературным данным многие считают пожаробезопасной влажность верхнего слоя торфа более 0,5...0,6 доли пористости [9, 10]. Глубину систематических дрен принимали равной 1,0...1,2 м, ограждающей сети (ловчих дрен) назначали в пределах 1,2...1,4 м.

Результаты и обсуждение. Результаты прогноза показателей шлюзования приведены в таблице 2. Всего было выполнено 15 прогнозов: для пяти метеостанций и для трех вариантов: без шлюзования; шлюзование с подъемом уровня воды в каналах или напоров в дренах ниже поверхности земли на 0,8 м; аналогичное – ниже на 0,5 м. Из таблицы 3 видно закономерное уменьшение глубины грунтовых вод и увеличение влажности торфа при подъеме уровней в каналах. Так при подъеме уровня воды в канале до 0,8 м и до 0,5 м глубина грунтовых вод уменьшается с 0,85 до 0,60 м, а влажность в слое 0...25 см растет с 0,63 до 0,73 пористости. Последнее особенно важно, так как при этом проходит рубеж опасной противопожарной влажности торфа.

Таблица 2

Результаты прогноза показателей шлюзования (среднемноголетние показатели за 53 года с 1959 по 2011 гг.)

Станции, варианты	Осадки, мм*	Испарение, мм*	Боковой приток, мм **	Глубина гр. вод, м ***	Влажность, доли пористости ****	Дренажный сток, мм			
						Сброс из систематических дрен	Сброс из ловчей дрены	Подача в дрены	Суммарный сброс
ПАВЛОВСКИЙ ПОСАД									
Стандартное осушение	372	353	76	1,10	0,55	214	55	0	269
Шлюзование до 0,8 м	372	360	45	0,83	0,63	341	67	169	239
Шлюзование до 0,5 м	362	364	24	0,58	0,74	439	79	304	214
ЧЕРУСТИ									
Стандартное осушение	344	343	70	1,11	0,55	178	50	0	228
Шлюзование до 0,8 м	344	349	40	0,84	0,63	317	63	177	203
Шлюзование до 0,5 м	334	378	9	0,59	0,73	418	75	313	180
ВЛАДИМИР									
Стандартное осушение	349	365	69	1,14	0,54	165	47	0	212
Шлюзование до 0,8 м	349	373	32	0,84	0,63	313	59	194	178
Шлюзование до 0,5 м	341	378	12	0,59	0,73	414	71	330	155
ТУМА									
Стандартное осушение	340	368	68	1,16	0,53	153	42	0	195
Шлюзование до 0,8 м	340	377	26	0,85	0,62	306	54	206	154
Шлюзование до 0,5 м	331	382	6	0,60	0,73	407	66	343	130
ШИЛОВО									
Стандартное осушение	321	372	65	1,21	0,52	113	37	0	150
Шлюзование до 0,8 м	321	386	12	0,85	0,62	265	50	223	82
Шлюзование до 0,5 м	311	391	–8	0,60	0,73	364	62	358	68

Примечания: * – за теплый период; ** – за год; *** – за период шлюзования; **** – средняя влажность в слое 0...25 см за период шлюзования.

Результаты прогноза шлюзования приведены на карте изолиний подачи воды для шлюзования до 0,8 м средние для 53 лет (рис.2). На рис.1 видно направление изменения изолиний дефицитов увлажнения теплого периода: с северо-запада на юго-восток. Это направление преимущественного движения циклонов и антициклонов. В таком же направлении меняется и подача воды в каналы для подъема уровня грунтовых вод при шлюзовании до 0,8 м (рис. 2). Качественно эти две карты совпадают, потребность воды для шлюзования каналов увеличивается

пропорционально дефициту увлажнения.

Рис. 2. **Изолинии подачи воды для шлюзования до 0,8 м (средние для 53 лет)**

Как видно из таблицы 3 в среднем по влажности году по всем пяти станциям дренажный сток превышает потребность воды для шлюзования с подъемом уровня воды в канале до 0,5 м на 147 мм, а для шлюзования с подъемом уровня воды в канале до 0,8 м – на 169 мм.

По нашему мнению, эффективным является шлюзование с подъемом уровня воды в канале до 0,8 м, для которого необходима подача воды в среднем для всех 5-ти метеостанций в два раза меньше, чем сток с водосбора (таблица 3). В этом варианте обеспечивается влажность 25 см слоя почвы 0,63 доли пористости, тем самым создаются противопожарные условия, возможность выращивать кормовые смеси и густой травостой без переувлажнения почвы.

Сток в сумме превышает требуемую водоподачу, но внутри периода шлюзования может наступать нехватка воды для поддержания нужного уровня в каналах и система может нуждаться в дополнительном пополнении.

Таблица 3

Дренажный сток и подача воды для шлюзования (мм) по станциям в среднем году (50 % обеспеченности)

Метеостанция	Шлюзование с подъемом уровня воды в канале до 0,5 м			Шлюзование с подъемом уровня воды в канале до 0,8 м		
	сток с водосбора, мм	подача воды, мм	разность (2) – (3), мм	сток с водосбора, мм	подача воды, мм	разность (5) – (6), мм
Павловский Посад	518	304	214	408	169	239
Черусти	493	313	180	380	177	203
Владимир	478	335	143	366	199	167
Тума	473	343	130	360	206	154
Шилово	426	358	68	315	223	82
Среднее по метеостанциям	478	331	147	366	195	169
Отношение подача/сток		0,69			0,53	

В этом случае возникает необходимость в сезонном регулировании стока в виде пруда-накопителя. Объем этого пруда можно определить по известным формулам водохозяйственного расчета водохранилищ.

Выводы

С помощью модернизированной математической модели А. И. Голованова и Ю. И. Сухарева выполнен расчет показателей шлюзования осушенных болот в Мещерской низменности. Длительность периода расчетов – 53 года. Рассмотрены несколько вариантов шлюзования с разным подъемом уровней воды в каналах для пяти действующих метеостанций. Результаты расчетов визуализированы путем построения карт изменения показателей шлюзования для Мещерской низменности.

Необходима оптимизация показателей шлюзования, так как при значительном подъеме уровня грунтовых вод корневая система подтапливается и растения снижают свою продуктивность, а высокая влажность верхнего слоя торфа препятствует его возгоранию. Высказаны соображения о преимуществе травопольного содержания осушенных торфяников с целью их сохранения как ценных природных

объектов и земельных угодий.

Оценены объемы дренажного стока и подачи воды в осушительную сеть при разных вариантах шлюзования осушительной сети для лет с разным дефицитом природного увлажнения территории. Результаты позволяют рассчитать объем пруда-накопителя в случае временного недостатка воды в острозасушливые периоды.

Библиографический список

1. **Семенова К. С.** Экспериментальные исследования эффективности противопожарного шлюзования // Природообустройство. – 2015. – № 3. – С. 35–40.

2. Мелиорация земель/ А. И. Голованова [и др.]. – М.: «КолосС», 2011. – 824 с.

3. **Козлов А. А.** Совершенствование организации использования мелиорированных земель Мещерской низменности: автореф. .... канд. экон. наук: 08.00.05. – М.: 1979. – 21 с.

4. Рекультивация нарушенных земель / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, В. И. Сметанин. – СПб.: Лань, 2015. – 336 с.

5. Мелиоративное почвоведение / И. И. Плюснин, А. И. Голованов. – М.: Колос, 1983. – 318 с.

6. Математическая модель влагопереноса в ландшафтных катенах / А.И. Голованов, Ю.И. Сухарев // Природообустройство и рациональное природопользование – необходимое условие социально-экономического развития России: сб. науч. трудов МГУП. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2005. – Ч. 2. – С. 12–21.

7. Гидрология и гидрометрия / Е. Е. Овчаров, Н. Н. Захаровская. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 312 с.

8. Природообустройство / А. И. Голованов [и др.]. – М.: КолосС, 2008. – 552 с.

9. Влажность торфа и возникновение пожаров на болотах / Н. П. Ахметьева, Е. Е. Лапина, В. В. Кудряшова // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 3 – С. 26–29.

10. Оценка возможности устройства систем двойного регулирования влажностного режима пожароопасных выработанных торфяников на базе осушительной сети/ В. Б. Жезмер, М. А. Волынов, Е.Э. Головинов, С. В. Перегудов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 1 – С. 30–32.

Материал поступил в редакцию 18.08.2015.

Сведения об авторе

Семенова Кристина Сергеевна, аспирантка; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44; тел.: +7-929-665-24-33; e-mail: kristi11.05.88@rambler.ru.

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

SUBSTANTIATION OF THE VOLUME OF FIRE PREVENTION WATER SUPPLY WHEN LOCKING PEAT BOGS

The urgent problem is fire prevention on peat bogs. With the purpose of solution of this problem there is considered the Meshcherskaya lowland which is rich in drained peat bog and for its solution there is proposed moistening by means of channel locking of the drainage system up to the moisture more than 0,5 porosity. For checking the effectiveness of this method of fire control there is used 2-D mathematical model, and were obtained calculations results of locking variants with water level rising in channels lower than the land surface by 0,5 and 0.8 m. There was made a comparison of the received water volumes according to the model for different variants of channels locking which are necessary for ensuring fire preventive moisture of soil. There is recommended an optimal variant of locking. By means of the updated mathematical model of A. I. Golovanov and Yu.I. Sukharev there was fulfilled a calculation of indices of drained peat bogs in the Meshcherskaya lowland. The duration of the calculations period was 53 years. There are considered several variants of locking with different rising of water level in channels for 5 operating weather stations. The results of calculations are visualized by building maps of locking indices changes for the Meshcherskaya lowland. It is noted that optimization of locking indices is needed as under a significant rise of ground water the root system is flooded and plants decrease their productivity, and high moisture content of the peat upper layer prevents

from ignition. Some opinions were expressed about the advantage of grassland content of drained peat bogs with the purpose of their conservation as valuable natural objects and agricultural lands. There were assessed volumes of drained flow and water supply into the drained network under various variants of the drained network locking with a different deficit of natural moistening of the area. The results allow estimating the size of the pond-accumulator in case of a temporary shortage of water during sharply dry periods.

Meshcherskaya lowland, fire-prevention locking, moistening deficit, moisture of peat bog, locking with water level rising in the channel, volume of water supply.

References

1. **Semenova K. S.** Experimental investigations of theeffectiveness of fire-prevention locking // Environmental engineering. – 2015. – № 3. – P. 35–40.

2. Land reclamation / A. I. Golovanov [and others]. – M.: "KolosS", 2011. – 824 p.

3. **Kozlov A. A.** Improvement of the arrangement of usage of the reclaimed lands of the Meshcherskaya lowland: author's abstract of the candidate of economic sciences: 08.00.05. – M.: 1979. – 21 p.

4. Recultivation of broken lands / A. I. Golovanov, F. M. Zimin, V. I. Smetanin. – SPb.: Lanj, 2015. – 336 p.

5. Reclamation soil science / I. I. Plyusnin, A. I. Golovanov. – M.: Kolos, 1983. – 318 p.

6. Mathematical model of moisture transfer in landscape catenas / A. I. Golovanov, Yu. I. Sukharev // Environmental engineering and rational nature management – the necessary condition of the social – economic development of Russia: collection of scientific works of MSUEE. – M.: FSEI HVEMSUEE, 2005. – P. 2. – P. 12–21.

7. Hydrology and hydrometry / E. E. Ovcharov, N. N. Zakharovskaya. – L.: Hydrometeoizdat, 1986. – 312 p.

8. Environmental engineering / A. I. Golovanov [and others]. – M.: KolosS, 2008. – 552 p.

9. Peat moisture and fire origin on peat bogs / N. P. Akhmetjeva, E. E. Lapina, V. V. Kudryashova // Land reclamation and water economy. – 2014. – № 3 – P. 26–29.

10. Assessment of the possibility of arrangement of systems of double regulation of moisture regime of fire dangerous worked out peat bogs on the basis of the drainage network / V. B. Zhezmer, M. A. Volynov, E. E. Golovinov, S. V. Peregudov // Land reclamation and water economy. – 2015. – № 1 – P. 30–32.

Received on August 18, 2015.

Information about the authors

Semenova Kristina Sergeevna, post graduate student; FSBEI HE RGAU-MTAA; 127550, Moscow, ul. Boljshaya Academicheskaya, 44; tel.: +7-929-665-24-33; e-mail: kristi11.05.88@rambler.ru.

УДК 502/504 : 631.95 (470.32) : 633.367.3

А. С. ЦЫГУТКИН, В. Д. БЛИННИКОВА, А. Л. КАУФМАН, И. Г. РЕКУС, С. Л. БЕЛОПУХОВ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва

ОБ ОПТИМАЛЬНОМ ЗНАЧЕНИИ КИСЛОТНОСТИ РАСТВОРА ПРИ ПРОРАСТАНИИ СЕМЯН БЕЛОГО ЛЮПИНА (LUPINUS ALBUS L.)

Отмечается, что в последние годы в нашей стране интенсивно развивается производство семян белого люпина (Lupinus albus L.), который считается одной из самых перспективных сельскохозяйственных культур для России ближайшего десятилетия. В 2014 году в Российской Федерации под белым люпином было занято более 40 000 га. Цель работы состояла в установлении оптимального значения pH раствора при прорастании семян белого люпина для повышения энергии прорастания, дружности всходов, сокращения времени от посева до появления всходов, разработки агрохимических средств, стимулирующих процесс прорастания. Динамика прорастания семян белого люпина, рост и развитие проростков зависят от кислотности раствора, поэтому цель работы состояла в установлении оптимального значения pH раствора при прорастании семян белого люпина для повышения энергии прорастания, дружности всходов, сокращения времени от посева до появления всходов, разработки агрохимических средств, стимулирующих процесс прорастания. Экспериментально установлено, что значение pH 6,1...6,3 является наиболее оптимальным для интенсивного прорастания семян. В начале своего развития белый люпин способен изменять концентрацию ионов водорода вокруг семени до оптимального значения, после чего начинается интенсивное прорастание. Для оценки изменения кислотности раствора и динамики роста и развития белого люпина предложены уравнения регрессии.

Белый люпин, кислотность раствора, уравнение регрессии, питательная смесь, прорастание семян.

Введение. В последние годы в нашей стране интенсивно развивается производство семян белого люпина (*Lupinus albus L.*), который считается одной из самых перспективных сельскохозяйственных культур для России ближайшего десятилетия [1]. В РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева над созданием новых сортов белого люпина, внедрением их и новых агротехнологий в производство в условиях Центрального Черноземья успешно занимается лаборатория белого люпина. Учеными Тимирязевки проведена интродукция белого люпина, что позволило превратить субтропическую культуру в культуру, которую можно и необходимо возделывать в условиях Центрального Черноземья и в других регионах, имеющих близкие агроклиматические условия для роста и развития.

Сотрудниками лаборатории были выведены 6 из 8 сортов белого люпина, включенных в Реестр селекционных достижений и разрешенных к использованию в Российской Федерации, разработаны агротехнологии его возделывания. Все это создало предпосылки для возделывания белого люпина даже в условиях южных районов Московской области. Ареал распространения культуры расширен и включает не только Центральное Черноземье, но и Среднее Поволжье, южную часть Центрального района Нечерноземной зоны, Урала и Западной Сибири, предгорья Северного Кавказа. Опыт сельскохозяйственных предприятий, занимающихся возделыванием белого люпина, показывает, что в настоящее время альтернативы белому люпину среди возделываемых зернобобовых культур нет ни по урожайности, ни по содержанию в зерне сырого протеина, ни по выходу белка с 1 га [1–5].

В 2014 году в Российской Федерации под белым люпином было занято более 40 000 га. Расширение площади пашни, занимаемой посевами белого люпина, требует оценки имеющихся ресурсов. Оценка биологических, почвенно-климатических, агроэкологических, технологических и экономических условий его возделывания позволит определить ареал его распространения, потребность

животноводства и возможные объемы и перспективы производства.

Одним из важных показателей уровня плодородия почвы является ее кислотность. Оптимальное значение кислотности положительно влияет на рост и развитие сельскохозяйственных культур, формирование качества урожая [6,7]. Кислотность почвы не является постоянной и на направленность изменения кислотности почвенного раствора влияют многие факторы, в том числе корневые выделения растений.

Цель работы состояла в установлении оптимального значения pH раствора при прорастании семян белого люпина для повышения энергии прорастания, дружности всходов, сокращения времени от посева до появления всходов, разработки агрохимических средств, стимулирующих процесс прорастания.

Объекты и методы исследования. Интродукция белого люпина как сельскохозяйственной культуры была проведена на экспериментальной базе в учхозе имени М. И. Калинина в Тамбовской области [13]. Селекция белого люпина велась по зерновому направлению как кормовой культуры с ареалом распространения в условиях Центрального Черноземья или регионах, имеющих близкие почвенно-климатические условия.

Для определения оптимального значения кислотности раствора при прорастании семян в лабораторных условиях разработана методика с использованием модифицированной питательной смеси Гельригеля [14–15]. В состав смеси входят макроэлементы, исходное значение pH раствора равно 3,7. Питательную смесь Гельригеля готовили растворением рассчитанных навесок солей в дистиллированной воде. Исходный состав раствора Гельригеля, г/л: $Ca(NO_3)_2$ – 0,492; KH_2PO_4 – 0,136; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,123; KCl – 0,075; $FeCl_3$ – 0,025.

Модификация смеси состояла в том, что состав катионов остается без изменений, но изменяется значение pH. Растворы с pH, равными 5, 6, 7 и 8, получали из исходного раствора Гельригеля путем добавления растворов или 0,01 М HCl или 0,1 М KOH.

Статистический анализ экспериментальных данных проводили на основе регрессионного метода. Для установления количественной зависимости значения pH раствора использовали модель с половинными и целыми степенями для t и pH и половинными степенями для их парных взаимодействий:

$$У = a_0 + a_1 t^{0,5} + a_2 t + a_3 pH^{0,5} + a_4 pH + a_5 (t pH)^{0,5},$$

где $У$ – значение pH сменяемого и несменяемого раствора, измененное во времени; a_0 – свободный член, отражающий величину pH до начала опыта; a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 – коэффициенты, отражающие действие факторов и их взаимодействие; t – фактор «время», сутки; pH – фактор «кислотность раствора», начальное значение pH раствора при предпосевном замачивании семян.

Расчет уравнений проводили с использованием программы MathCad на основе полученных экспериментальных данных, осуществляли последовательную оценку и исключение незначимых членов регрессии, на основе критерия t-Стьюдента при уровне доверительной вероятности 0,95. Согласованность теоретических и фактических данных оценивали с использованием коэффициента множественных корреляций (R) [8].

Схема лабораторного опыта включала два изучаемых фактора:

кислотность раствора (определяли по значению pH), фактор включал следующие градации: 3,7; 5; 6; 7; 8.

время (ежедневно в течение 7 дней измеряли величину pH и число проросших семян).

Проведено две серии лабораторных опытов. В первой серии наблюдения за ростом люпина проводили в несменяемых растворах с разными значениями pH. Во второй серии опытов ежедневно проводили замену растворов.

Опыты проводили в чашках Петри. Повторность опытов трехкратная. Неповрежденные семена белого люпина сорта Дега имели 100 % всхожесть. В каждую чашку помещали по 30 семян, заливали 50 мл раствора с соответствующим значением pH. Различия по массе семян в каждой из чашек не превышали ±5 %.

Величину pH измеряли ежедневно, применяя иономер Экотест-2000. В варианте со сменяемыми растворами их обновляли каждый день, для чего сливали раствор из каждой чашки в стаканчик, измеряли pH. В чашку Петри наливали новую порцию раствора с соответствующим значением pH. В случае с несменяемыми

растворами после измерения pH их снова выливали в чашки Петри или же проводили измерение pH непосредственно в чашках Петри.

В течение 7 дней ежедневно контролировали число проросших семян.

Обсуждение результатов. В серии опытов при прорастании семян белого люпина в условиях несменяемости растворов изменение значения pH может быть описано следующим уравнением регрессии:
$У = 4{,}08 + 1{,}38t^{0,5} + 0{,}30t + 0{,}25pH - 0{,}59(tpH)^{0,5}$, $R = 0{,}98$.

Величина 0,98 коэффициента корреляции (R) свидетельствует, что расчетные данные, описанные с использованием математической модели, практически полностью совпадают с экспериментальными данными (рисунок 1).

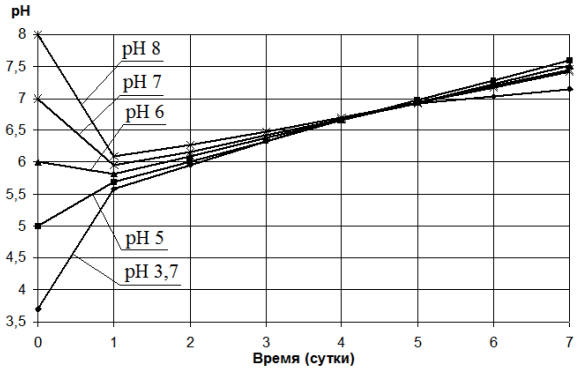


Рис. 1. **Изменение pH раствора в зависимости от времени нахождения семян в несменяемом растворе**

Из результатов, показанных на рисунке 1, видно, что в начале опыта амплитуда колебаний значения pH (ΔpH) между крайними вариантами (с pH =3,7 и pH = 8,0) составляла 4,30. Затем со второго дня и далее ΔpH не превышало 0,30. Это показывает, что белый люпин в начале своего развития изменяет реакцию раствора вокруг семени до значения pH около 6,0 вне зависимости от исходного значения pH. При этом в течение суток кислотность раствора изменяется на 1,9 единицы pH как в сторону подкисления, так и в сторону подщелачивания.

Наблюдаемое увеличение значения pH до 7 и выше на всех вариантах опыта на 6 и 7 сутки проведения эксперимента свидетельствует о том, что выделения химических веществ при взаимодействии раствора с семенами люпина и проростками наблюдаются на протяжении всего периода проведения опыта. Но данная модельная закрытая система не является характерной для условий реального роста и развития растений.

В связи с этим больший интерес представляет серия опытов с ежедневно сменяемым раствором, что больше соответствует промывному режиму почв в зонах возделывания культуры.

Ниже приведена математическая модель изменения величины pH ежедневно сменяемого раствора в виде уравнения регрессии:
$У = 5{,}37t^{0,5} + 0{,}97pH - 2{,}13(tpH)^{0,5}$,
$R = 0{,}85$

Значение коэффициента корреляции (R) также характеризует достаточно высокую тесноту связи между фактическими и расчетными данными (таблица).

Динамика изменения величины pH раствора при его ежедневной замене

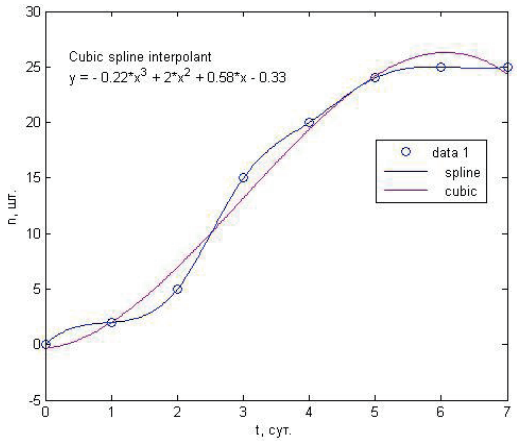
Время, сут.	pH раствора				
	3,7	5	6	7	8
1	5,51	5,63	5,97	6,52	6,62
2	5,62	5,73	6,03	6,41	6,50
3	5,68	5,80	6,08	6,33	6,45
4	6,02	6,06	6,13	6,28	6,43
5	6,10	6,16	6,16	6,20	6,30
6	6,13	6,18	6,19	6,20	6,30
7	6,15	6,21	6,23	6,25	6,31

При анализе величины pH у растворов, имеющих крайние значения данного показателя, видна четкая направленность изменений: в 1-й день величина pH изменилась на 1,81 (с 3,7 до 5,51), а на 7-й день – на 2,45 единицы pH. Семена, находящиеся в растворе с начальным значением pH = 8,0, в первый день изменили его на 1,38 ед. pH, снизив значение pH до 6,62, а на седьмой день – на 1,69, доведя pH до 6,31.

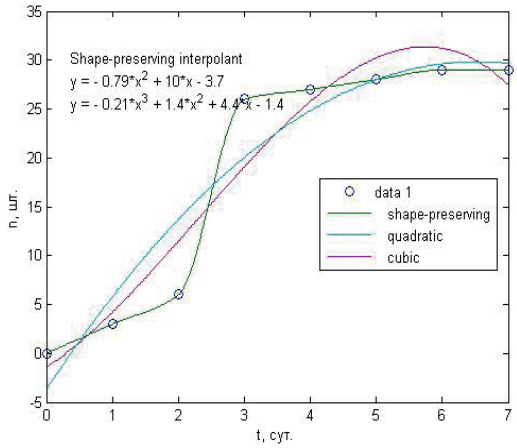
В этой серии опытов с ежедневно

сменяемыми растворами амплитуда между значениями кислотности (ΔpH) на вариантах pH 3,7 и pH 8,0 в 1-й день составила 1,11, а на 7-й день – 0,16. Это доказывает, что при прорастании семян появляются корневые выделения, изменяющие кислотность раствора. Следовательно, область оптимального значения кислотности раствора при прорастании семян, вероятнее всего, находится в пределах pH 6,1…6,3.

Об этом же свидетельствуют и данные о динамике прорастания семян (рисунок 2).



а



б

Рис. 2. **Динамика прорастания семян в растворе с начальным значением pH = 8,0:** а – сменяемый раствор; б – несменяемый раствор

Следует отметить, что в случае несменяемого раствора при достижении pH = 6,3 и выше появились проростки у 26 семян из 30 уже на 3-й день от начала опыта. В условиях сменяемого раствора более 80 % (24…25 шт.) проросших семян было только на 5–6-й день опыта, когда во всех чашках Петри на всех вариантах опыта величина pH находилась в пределах 6,1…6,3.

Таким образом, ежедневное изменение начального значения pH сменяемого раствора до некоторого оптимального значения показывает, что белый люпин способен адаптировать внешние условия для роста до необходимого для себя уровня. При этом в опыте со сменяемым раствором белый люпин расходует больше энергии, чем в опыте с несменяемым раствором [9, 10]. Следовательно, и более позднее появление проростков связано с дополнительным расходом энергии на изменение кислотности раствора вокруг семени. Аналогичные изменения мы наблюдали ранее в динамике роста и развития семян, проростков льна-долгунца при предпосевной обработке семян растворами янтарной и салициловой кислот, другими защитно-стимулирующими комплексами [11–15]. Причем снижение затрат энергии на первоначальных этапах роста растений способствует их более динамичному развитию и получению конечной высококачественной продукции.

Выводы

При прорастании семян белого люпина оптимальное значение pH раствора находится в пределах pH 6,1…6,3.

Рекомендуется для ускоренного прорастания семян белого люпина поддерживать значение pH раствора в области оптимальных значений.

Предлагается динамику процессов прорастания семян и развития проростков в зависимости от кислотности почвенного раствора оценивать при использовании рассчитанных уравнений регрессии.

Библиографический список

1. **Гатаулина Г. Г., Медведева Н. В., Цыгуткин А. С.** Сорта белого люпина селекции ФГОУ ВПО РГАУ–МСХА имени К.А.Тимирязева: методические рекомендации. – М.: Изд-во РГАУ–МСХА имени К. А.Тимирязева, 2010. – 24 с.

2. **Гатаулина Г. Г., Медведева Н. В., Цыгуткин А. С.** Особенности роста и развития растений, технологии возделывания нового сорта белого люпина Детер 1 // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 9. – С. 26–28.

3. **Гатаулина Г. Г., Медведева Н. В., Штеле А. Л., Цыгуткин А. С.** Рост, развитие, урожайность и кормовая

ценность сортов белого люпина (Lupinus albus L.) селекции РГАУ–МСХА имени К.А.Тимирязева // Известия ТСХА. – 2013. – Выпуск 6. – С. 12–30.

4. **Гатаулина Г. Г., Цыгуткин А. С.** Основа белковой независимости России // Белый люпин. – 2014. – № 2. – С. 2–6.

5. **Белопухов С. Л., Цыгуткин А. С., Штеле А. Л.** Применение термоанализа для изучения зерна белого люпина // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 4. – С. 56–58.

6. **Шнее Т. В., Белопухов С. Л., Кончиц В. А., Федорова Т. А.** Электрокинетические свойства засоленных и зональных почв // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2015. – № 2. – С. 12–15.

7. **Белопухов С. Л., Дмитревская И. И., Степанова Д. С., Раскатов В. А., Прохоров И. С.** Влияние сернокислотных дождей на урожай и качество масличного льна в модельном эксперименте // Агроэкология. – 2015. – № 1. – С. 44–47.

8. **Иванова Т. И., Цыгуткин А. С., Костина Л. П.** Изучение влияния доз и сроков внесения азотных удобрений на урожай зерна озимой пшеницы на основе постановки опыта по неполной факториальной схеме // Агрохимия. – 1999. – № 4. – С. 56–60.

9. **Гришина Е. А., Белопухов С. Л., Цыгуткин А. С.** Термодинамика и кинетика прорастания семян белого люпина // Бутлеровские сообщения. – 2013. – Т. 34. – № 4. – С. 152–156.

10. **Балакина А. А., Терентьев А. А., Калашникова Е. А., Белопухов С. Л.** Влияние регуляторов роста на изоферментный состав супероксиддисмутазы в растениях люпина узколистного (Lupinus angustifolius L.) in vitro // Бутлеровские сообщения. – 2012. – Т. 29. – № 1. – С. 55–61.

11. **Белопухов С. Л., Малеванная Н. Н.** Применение циркона для обработки посевов льна-долгунца // Плодородие. – 2003. – № 2. – С. 33–35.

12. **Белопухов С. Л.** Влияние янтарной кислоты на прорастание семян льна-долгунца // Агрохимия. – 2003. – № 9. – С. 47–50.

13. **Белопухов С. Л.** Ростстимулирующее действие салициловой кислоты на семена льна-долгунца // Плодородие. – 2005. – № 5. – С. 22–23.

14. **Прусакова Л. Д., Кефели В. И., Белопухов С. Л., Вакуленко В. В., Кузнецова С. А.** Роль фенольных соединений в растениях // Агрохимия. – 2008. – № 7. – С. 86–97.

15. **Захаренко А. В., Белопухов С. Л., Бирюков А. А., Демидова И. М.** Качество продукции при обработке семян и посевов льна защитно-стимулирующими комплексами // Плодородие. – 2009. – № 1. – С. 47–48.

Материал поступил в редакцию 20.12.2015

Сведения об авторах

Цыгуткин Александр Семенович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий лабораторией белого люпина; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550 г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 8 (499)976-32-16; e-mail: ASZ@mail.ru.

Блинникова Вера Дмитриевна, кандидат химических наук, доцент кафедры «Неорганическая и аналитическая химия»; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550 г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 8 (499) 976-31-30.

Кауфман Алла Львовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Неорганическая и аналитическая химия»; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550 г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 8 (499) 976-31-30.

Рекус Ирина Григорьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Неорганическая и аналитическая химия»; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550 г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 8 (499) 976-31-30.

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

A. S. TSYGUTKIN, V. D. BLINNIKOVA, A. L. KAUFMAN, I. G. REKUS, S. L. BELOPUKHOV
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

ABOUT THE OPTIMAL VALUE OF SOLUTION ACIDITY AT WHITE LUPINE SEEDS GERMINATION (LUPINUS ALBUS L.)

It is noted that in recent years production of white lupine seeds ((Lupinus albus L.) has being intensively developed in our country which is considered as one of the most perspective agricultural crops for Russia for the near ten years. In 2014 in the Russian Federation white lupine covered more than 40 000 ha. The target of the work was to establish the optimal value pH of the solution when white lupine seeds germinating for raising germination energy,good and even sprouts,time reduction from sowing to appearance of sprouts, development of agrochemical means stimulating the germinating process. It was experimentally established that the value pH 6,1...6,3 is the most optimal one for the intensive seeds germination. At the beginning of its development white lupine is capable to change concentration of hydrogen ions around seeds up to the optimal value which is followed by an intensive germination. For assessment of the change of the solution acidity and dynamics of growth and development of white lupine there are proposed equations of regression.

White lupine, acidity of solution, equation of regression, nutrient mixture, seeds germination.

References

1. **Gataulina G. G., Medvedeva N. B., Tsygutkin A. S.** Grades of white lupine of selection FSEI HVE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev: methodical recommendations. – M.: Publihing house RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 2010. – 24 p.

2. **Gataulina G. G., Medvedeva N. B., Tsygutkin A. S.** Peculiarities of growth and development of plants, technology of cultivation of a new grade of white lupine Deter 1 // Achievements of science and techniques AIC. – 2011. – № 9. – P. 26–28.

3. **Gataulina G. G., Medvedeva N. B., Tsygutkin A. S.** Growth, development, productivity and feed value of white lupine grades (Lupinus albus L.) selections FSEI HVE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev // Izvestiya TAA., 2013. – Issue 6. – P. 12–30.

4. **Gataulina G. G., Tsygutkin A. S.** The basis of the protein independence of Russia / White lupine. – 2014. – № 2. – P. 2–6.

5. **Belopukhov S. L., Tsygutkin A. S., Shtele A. L.** Usage of thermoanalysis for studying grains of white lupine // Achievements of science and techniques AIC. – 2013. – № 4. – P. 56–58.

6. **Shnee T. V., Belopukhov S. L., Konchits V. A., Fedorova T. A.** Electrokinetic properties on saline and zonal soils // Theoretical and applied problems of agro industrial complex. – 2015. – № 2. – P. 12–15.

7. **Belopukhova S. L., Dmitrievskaya I. I., Stepanova D. S., Raskatov V. A., Prokhorov I. S.** The influence of sulphuric-acid rains on the yield and quality of oil flax in the model experiment // Agro ecology. – 2015. – № 1. – P. 44–47.

8. **Ivanova T. I., Tsygutkin A. S., Kostina L. P.** Studying of the influence of doses and time of nitric fertilizers applying on grain yield of winter wheat on the basis of the experiment on the incomplete factorial scheme // Agro chemistry. – 1999. – № 4. – P. 56–60.

9. **Grishina E. A., Belopukhov S. L., Tsygutkin A. S.** Thermodynamics and kinetics of seeds germination of white lupine // Butlerovskie reports. – 2013. – V. 34. – № 4. – P. 152–156.

10. **Balakina A. A., Terentjev A. A., Kalashnikova E. A., Belopukhov S. L.** The influence of growth regulators on the isozyme composition of superoxide dismutase in the plants of lupine with narrow leaves (Lupinus angustifolius L.) in vitro // Butlerovskie reports. – 2013. – V. 29. – № 1. – P. 55–61.

11. **Belopukhov S. L., Malevannaya N. N.** Application of zircon for treatment of long-stalked flax // Fertility. – 2003. – № 2. – P. 33–35.

12. **Belopukhov S. L.** The influence of succinic acid on germination of long-stalked lupine seeds // Agro chemistry. – 2003. – № 9. – P. 47–50.

13. **Belopukhov S. L.** Growth stimulating action of salicylic acid on long-stalked lupine seeds // Fertility. – 2005. – № 5. – P. 22–23.

14. **Prusakova L. D., Kefeli V. I.,**

Belopukhov S. L, Vakulenko V. V., Kuznetsova S. A. Role of phenol compounds in plants // Agro chemistry. – 2008. – № 7. – P. 86-97.

15. **Zakharenko A. V., Belopukhov S. L, Biryukov A. A., Demidova I. M.** Quality of produce when treating seeds and sowing of flax by protective-stimulating complexes // Fertility. – 2009. – № 1. – P. 47–48.

Received on August 18, 2015.

Information about the authors

Tsygutkin Alexander Semenovich, candidate of agricultural sciences, head of the laboratory of white lupine; FSBEI HE FSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550 Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49; тел.: 8 (499)976-32-16; e-mail: ASZ@mail.ru.

Blinnikova Vera Dmitrievna, candidate of chemical sciences, associate professor of the chair «Inorganic and analytical chemistry»; FSBEI HE FSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550 Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49; tel.: 8 (499) 976-31-30.

Kaufman Alla Ljvovna, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Inorganic and analytical chemistry»; FSBEI HE FSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550 Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49; tel.: 8 (499) 976-31-30.

Rekus Irina Grigorievna, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Inorganic and analytical chemistry»; FSBEI HE FSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550 Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49; tel.: 8 (499) 976-31-30.

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

УДК 502/504 : 631.432.22

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

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ТИПОВ УВЛАЖНЕНИЯ И ТИПОВ ВОДНОГО ПИТАНИЯ ПОЧВ ПО КАТЕНЕ

Дифференциация типов увлажнения дает возможность более точно характеризовать водный режим почв для целей принятия решений в задачах планирования, проектирования и управления. Одним из основных методов классификации земель по водному режиму в мелиорации является классификация «Типы водного питания», предложенная профессором А. Д. Брудастовым. Дальнейшее уточнение (дифференциация) была сделана почвоведами и агрометеорологами в работе «Агрогидрологические районы увлажнения почв». В последние годы эти классификации дополняются ландшафтным подходом. В статье делается попытка количественно связать эти подходы и показать возможность использования их для целей природообустройства природопользования. Для обоснования предлагаемой дифференциации проводится аппроксимация диапазонов глубин залегания уровней грунтовых вод в различных агрогидрологических районах функцией А. И. Голованова и Ю. И. Сухарева. Показано, что данная функция адекватно описывает закономерности пространственного распределения увлажнения по катене, с коэффициентом корреляции r = 0,95. Функция с достаточной точностью описывает связь между агрогидрологическими районами и уровнями грунтовых вод. На основе экспериментальных данных были установлены последовательности размещения агрогидрологических районов и типов водного питания по ландшафтным элементам. Установлено влияние отдельных физических параметров на точность аппроксимации. Уравнение, используемое для аппроксимации, обладает достаточно высокой величиной достоверности. Предложенная методика может быть использована для решения задач, связанных с дифференциацией водного режима для целей биоклиматического районирования.

Дифференциация типов водного питания, обоснование необходимости мелиорации, агрогидрологические районы и их характеристики, продуктивные влагозапасы, ландшафтная катена, закономерность изменения влагозапасов по катене.

Введение. Дифференциация типов увлажнения почв дает возможность более точно характеризовать их водный режим и использовать это для целей принятия решений в задачах планирования, проектирования и управления. Одним из основных методов классификации земель по водному режиму в мелиорации является классификация, предложенная проф. А. Д. Брудастовым (Типы водного питания [Голованов и др., 2011]). Дальнейшее уточнение (дифференциация) была сделана почвоведами и агрометеорологами (Агрогидрологические районы увлажнения почв. [Кельчевская, 1983]). В последние годы эти классификации дополняются ландшафтным подходом. [Голованов, Сухарев, Шабанов, 2007; Сухарев, 2010; Шабанов, Бунина, 2005]

Количественно связать эти подходы и показать возможность использования их для целей природообустройства природопользования в настоящее время является актуальной задачей.

Водный режим почв может быть дифференцирован в зависимости от целей, которые преследует данная классификация. По катене его можно дифференцировать по запасам продуктивной влаги в почве или по глубинам залегания грунтовых вод.

Для целей обоснования необходимости сельскохозяйственных мелиораций и определения продуктивности различных фаций может быть использована классификация, основанная на агрогидрологическом районировании.

Предполагается что агрогидрологические районы расположены по катене в следующем порядке: 1.ОБВ, 2.МКУ, 3.ПКУ, 4.ВИУ, 5.КППВ, 6.ПВП, 7.УВП, 8.СВП, 9.ОСВП*.

Для обоснование такого расположения, по данным, приведенным в монографии [Кельчевская, 1983] построены гистограммы диапазонов значений глубин залегания уровней грунтовых вод и запасов продуктивной влаги (рис. 1).

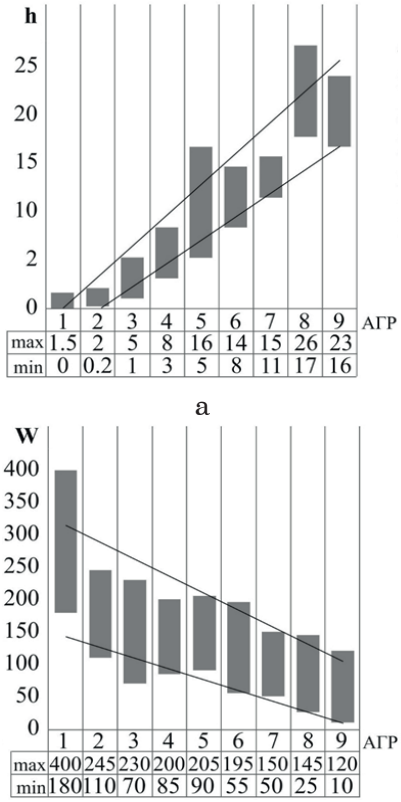


Рис. 1. **Гистограммы диапазонов глубин залегания уровней грунтовых вод (а) и запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы (б) по агрогидрологическим районам:** 1 – ОБВ; 2 – МКУ; 3 – ПКУ; 4 – ВИУ; 5 – КППВ; 6 – ПВП; 7 – УВП; 8 – СВП; 9 – ОСВП

Можно отметить, что на данных графиках прослеживается следующие две закономерности. Первая, при возрастании глубины грунтовых вод увлажненность агрогидрологических районов (АГР) убывает, что естественно. Вторая, последовательность расположения АГР по катене сохраняется и агрогидрологические районы последовательно упорядочены.

Исходя из остальных характеристик, нельзя с уверенностью утверждать, что все они (агрогидрологические районы) могут существовать в пределах одной катены, но можно утверждать, что в случае присутствия нескольких из них,

* 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).Более подробные характеристики агрогидрологических районов можно найти в [Справочник, 1986].)

упорядочены они будут в данном порядке: 1 – ОБВ; 2 – МКУ; 3 – ПКУ; 4 – ВИУ; 5 – КППВ; 6 – ПВП; 7 – УВП; 8 – СВП; 9 – ОСВП.

После упорядочения типов увлажнения можно сопоставить их с типами водного питания. Так с грунтовым типом водного питания сопрягаются два типа увлажнения ОБВ и МКУ. В ландшафтном плане это аккумулятивные и транс-аккумулятивные элементы ландшафтов (супераквальные фации).

Со склоновым типом водного питания (при малопроницаемых грунтах склона), сочетаются такие АГР как, ВИУ; КППВ;ПВП;УВП. В ландшафтном плане это трансэлювиальные фации.

С атмосферным типом водного питания сочетаются АГР - СВП и ОСВП. Это элювиальные фации.

Однако, границы эти природных и достаточно сложных, образований размыты.Проведение более четких границ можно сделать аппроксимируя экспериментальные значения определенной аналитической кривой и исследуя ее особые точки, которые и могут быть границами природных образований.

Аппроксимация катены была предложена А. И. Голованoвым и Ю. И. Сухаревым [Голованов, 2007].

Для упрощения полученные значения можно аппроксимировать функцией Ю. И. Сухарева [Сухарев, 2011]:

$$\Delta_x = \frac{\Delta_0}{\pi}\operatorname{arctg}(k(x-a))\frac{\pi}{2},$$

$$0 < x < B,$$

где Δ_x – вертикальная расчлененность рельефа; k – коэффициент, равный $k = \pi/\Delta_0(\mathrm{tg}\theta)$; θ – угол наклона касательной в точке перегиба; a – значение абсциссы в точке перегиба; B – ширина катены.

Аппроксимация глубин залегания уровней грунтовых вод этой кривой, показана на рисунке 2. Стоит отметить, что аппроксимируются средние значения диапазонов, и коэффициент корреляции высчитывается относительно этих значений.

Уравнение имеет вид:

$$\Delta_x = \frac{21}{\pi}\operatorname{arctg}(0,0078(x-520))\frac{\pi}{2}.$$

Коэффициент корреляции $R = 0{,}95$.

Если предположить, что на территории данной катены уклон зеркала грунтовых вод по направлению к водотоку равен или близок к нулю, полученная в ходе аппроксимации кривая есть не что иное, как рельеф катены.

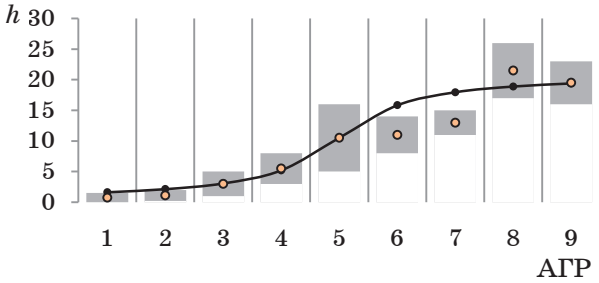


Рис. 2. **Аппроксимирующая кривая для средних значений диапазонов глубин залегания уровней грунтовых вод по Ю. И. Сухареву**

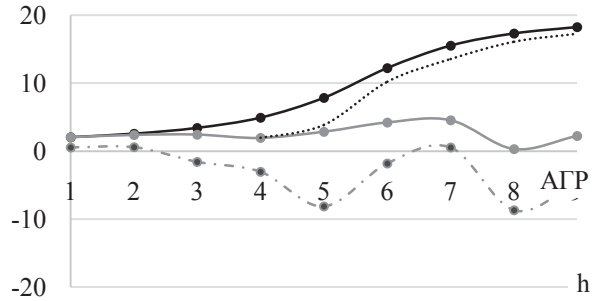


Рис. 3. **Схема катены:** —●— отметки поверхности земли; —●— minУГВ; - ·●· - max УГВ; ····· глубина весеннего промачивания [4]

Для оценки достоверности аппроксимирующей кривой был проведен анализ по F-критерию Фишера для внутренне нелинейных регрессий.

Индекс корреляции R:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\delta^2_{\text{ост}}}{\delta^2_{\text{у}}}} = 0{,}937;$$

$$\delta^2_{\text{у}} = \frac{\Sigma(y-\bar{y})^2}{n} = 51{,}65;$$

$$\delta^2_{\text{ост}} = \frac{\Sigma(y-\bar{y}_x)^2}{n} = 6{,}26;$$

$$\bar{y} = \frac{\Sigma y}{n} = 9{,}54.$$

Индекс детерминации $R^2 = 0{,}878$. F-критерий:

$$F = \frac{R^2}{1-R^2}\frac{n-m-1}{m} = 12{,}07.$$

№ АГР	y	$\bar{y}_x$	$y - \bar{y}_x$	$(y - \bar{y}_x)^2$	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	$\frac{y - \bar{y}_x}{y}$
1	0,75	1,61	−0,86	0,74	−8,79	77,24	−1,14
2	1,10	2,11	−1,01	1,03	−8,44	71,21	−0,92
3	3,00	3,05	−0,05	0,002	−6,54	42,76	−0,02
4	5,50	5,19	0,31	0,10	−4,04	16,31	0,06
5	10,50	10,50	0,00	0,00	0,96	0,92	0,00
6	11,00	15,81	−4,81	23,17	1,46	2,13	−0,44
7	13,00	17,95	−4,95	24,52	3,46	11,98	−0,38
8	21,50	18,89	2,61	6,83	11,96	143,07	0,12
9	19,50	19,39	0,11	0,01	9,96	99,22	0,01

Для уровня значимости $p = 0,05$ критерий $F_{крит} = 5,59$. $F_{эмп} > F_{крит}$ следовательно регрессионная модель адекватно (с 95 % вероятностью) описывает рельеф катены.

Выводы

На основе экспериментальных данных были установлены последовательности размещения агрогидрологических районов, типов водного питания по ландшафтным элементам. Это позволило объединить различные классификации увлажнения почв и дало возможность более детально разделить земли водосбора для целей районирования мероприятий и планирования управляющих воздействий.

Функция арктангенса адекватно описывает закономерности пространственного распределения катены. Она с достаточной точностью описывает связь между агрогидрологическими районами и уровнями грунтовых вод.

Установлено влияние отдельных физических параметров на точность аппроксимации.

Уравнение, используемое для аппроксимации, обладает достаточно высокой величиной достоверности.

Диапазоны запасов продуктивной влаги, распределенные по катене, также хорошо аппроксимируются рассмотренной функцией, с коэффициентами корреляции $R \approx 0,95$.

Рассматриваемый подход позволяет идентифицировать параметры для любой конкретной катены (если они отличаются от средних по району), подставив в уравнение конкретную протяженность и высоту катены.

Предложенная методика может быть использована для решения задач, связанных с дифференциацией водного режима для целей биоклиматического районирования.

Библиографический список

1. Мелиорация земель / А. И. Голованов [и др.]. – М.: КолосС, 2011. – 825 с.

2. **Голованов А. И., Сухарев Ю. И., Шабанов В. В.** Оценка воздействия осушения на окружающую среду (ОВОС): учеб. пособие для курсового и дипломного проектирования. – М.: МГУП, 2007. – 49 с.

3. **Кельчевская Л. С.** Влажность почв Европейской части СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 183 с.

4. Средние многолетние запасы продуктивной влаги под озимыми и ранними яровыми зерновыми культурами по областям, краям, республикам и экономическим районам: Европейская часть СССР: справочник. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1986. – Т. 1. – 122 с.

5. **Сухарев Ю. И.** Обоснование водных мелиораций агроландшафтов (на примере Московской области): автореф. ... д-ра техн. наук: 06.01.02. – М.: МГУП. – 2010.

6. **Шабанов В. В.** Биоклиматическое обоснование гидротермических мелиораций. – Л.:Гидрометеоиздат, 1972. – 198 с.

7. **Шабанов В. В., Бунина Н. П.** Элементы проектирования искусственных биогеохимических барьеров на водосборах нечерноземной зоны России //Природообустройство и рациональное природопользование - необходимые условия социально-экономического развития России: сб. трудов МГУП. – М.: МГУП, 2005. – С. 298–314.

8. **Пугачев В. С.** Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: «Инфра–М», 2004.

Материал поступил в редакцию 15.10.2015.

Сведения об авторах

Шабанов Виталий Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры «Мелиорация и рекультивация земель»; ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва,

ул. Большая Академическая, 44; e-mail: 515vvsh@gmail.com.

Солошенков Александр Дмитриевич, магистрант; ФГБОУ ВО РГАУ–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 AND TYPES OF SOILS WATER FEEDING ON THE CATANE

Differentiation of moistening types allows more accurately characterize the soil water regime for the purposes of decision-making problems of planning,design and management. One of the main methods of lands classification on the water regime in land reclamation is classification proposed by professor A. D. Brudastov «Types of water supply». Further specification (differentiation) was made by soil scientists and agro meteorologists in the work «Agro hydrological areas of soil moistening». In recent years these classifications have been added by a landscape approach. The article attempts to quantitatively link these approaches and show the possibility to use them for the purposes of environmental engineering of nature management. For substantiation of the proposed differentiation there is performed an approximation of depths ranges of the ground water level in various regions according to the agro hydrological function of Golovanov A. I. and Sukharev Y. I. It is shown that the function adequately describes regularities of spatial moistening distribution on the catena, with a correlation coefficient R = 0,95. The function with a sufficient accuracy describes the relationship between agrohydrological areas and groundwater levels. On the basis of the experimental data there were established sequences of placement of agro hydrological areas and types of water feeding on landscape elements. The influence of I some physical parameters on the accuracy of approximation is established. The equation used for approximation,has a fairly high value of reliability. The proposed method can be used to solve problems connected with differentiation of water regime for bioclimatic zoning.

Differentiation of water feeding types, substantiation of the necessity of land reclamation, agro hydrological areas and their characteristics, productive moisture reserves, landscape catena, regularity of moisture reserve change on the catena.

References

1. Land reclamation / A. I. Golovanov [and others]. – M.: KolosS, 2011. – 825 p.

2. **Golovanov A. I., Sukharev Yu. I., Shabanov V. V.** Assessment of the drainage influence of the environment (ADIE): tutorial for the course and diploma designing. – M.: MSUEE, 2007. – 49 p.

3. **Keljchevskaya L. S.** Soils moisture of the USSR European part. – L.: Hydrometeoizdat, 1983. – 183 p.

4. Average long-term stocks of productive moisture under winter and early spring grain crops per areas, territories, republics and economic regions: The USSR European part: reference book. – Leningrad: Hydrometeoizdat, 1986. – V. 1. – 122 p.

5. **Sukharev Yu. I.** Substantiation of water reclamations of agro landscapes (by the example of the Moscow region): author's abstract of the doctor of technical sciences: 06.01.02. – M.: MSUEE. – 2010.

6. **Shabanov V. V.** Bioclimatic substantiation of hydrothermal land reclamations. – L.: Hydrometeoizdat, 1972. – 198 p.

7. **Shabanov V. V., Bunina N. P.** Design elements of artificial biogeochemical barriers on water catchments of the non-black earth zone of Russia // Environmental engineering and rational nature management – necessary conditions of the social – economic development of Russia: collection of MSUEE works. – M.: MSUEE, 2005. – P. 298–314.

8. **Pugachev V. S.** Theory of probabilities and mathematical statistics. – M.: «Infra–M», 2004.

Received on October 15, 2015.

Information about the authors

Shabanov Vitaliy Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor of the chair «Land reclamation and recultivation»; FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Boljshaya Academicheskaya, 44; e-mail: 515vvsh@gmail.com.

Soloshenkov Alexander Dmitrievich, undergraduate; FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Boljshaya Academicheskaya, 44; tel.: ,+7-916-429-91-13; e-mail: aleksandr_soloshenkov@mail.ru.

УДК 502/504 : 630*43

М. Ю. СЛЕСАРЕВ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва

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

СИСТЕМА ПРОФИЛАКТИКИ ТОРФЯНИКОВ ОТ ВОЗГОРАНИЯ

В статье рассмотрены причины вынужденного зажигания торфа от нагретых тел и самовозгорания. Приведен химический состав торфа,процесс развития лесоторфяного пожара и основные природные факторы,приводящие к возникновению природных пожаров. Отмечается,что торфяные пожары могут возникать и вне всякой связи с лесными: в районе торфоразработок и на торфяных болотах. Такие пожары часто охватывают громадные пространства и трудно поддаются тушению. Опасность их состоит в том, что горение часто происходит под землей,образуя пустые места в выгоревшем торфе, в которые могут провалиться люди и техника. Предложена система,разработанная на основе экспериментальных и полевых исследований,профилактики торфяников от возгорания. Система профилактики торфяников от возгорания позволяет создать запасы влаги в пожароопасном слое торфа в весенний период. С наступлением пожароопасного сезона, связанного с уменьшением количества осадков и понижением уровня грунтовых вод в летний период,данная система отдает аккумулированную воду, тем самым поддерживая влажность слоя торфа на пожаробезопасном уровне. Система профилактики торфяников от возгорания является эффективным техническим средством, позволяющем не допустить возникновение лесоторфяных пожаров и экономически выгоднее,чем строительство систем обводнения торфяников.

Лесоторфяные пожары, система профилактики торфяников от возгорания, торф,возгорание, самовозгорание, уровень грунтовых вод, влажность.

Как лесные, так и торфяные пожары, это один из наиболее мощных факторов воздействия на сукцессионные процессы в лесных биогеоценозах, намного превосходящий по своим последствиям все прочие вторжения в жизнь леса, в том числе и рубки. В отличие от эксплуатационных лесов, где основную долю ущерба составляют потери корневой древесины, ущерб от лесоторфяных пожаров в резервных, заповедных и иных не эксплуатационных лесах заключается только в экологических последствиях.

В зависимости от условий образования торфяного болота выделяют два основных типа торфа, различающихся по агротехническим свойствам:

низинный торф – накапливается в пониженных местах, увлажняемых грунтовыми и речными водами, богатыми минеральным питанием. После отмирания растений (осоки, кустарников, деревьев) и их разложения, образуется слабокислая, высокозольная коричнево-черная масса, похожая на чернозем;

верховой торф – откладывается на повышенных элементах рельефа, при переувлажнении участка, в основном, атмосферными осадками. Верховой торф сильно-кислый, малозольный, волокнистый желто-коричневого цвета, формируется преимущественно из сфагновых мхов.

Зольность торфа оценивается по доле минеральных составляющих в сухом веществе торфа и находится в пределах 5...15 % для верхового и 10...2 5% для низинного торфов. В естественном состоянии в торфе имеется избыток закисных форм железа. Содержание органики в торфе составляет от 75 % до 90 %, пористость от 70 до 95 %

по объему, плотность составляет 80...500 кг/м^3. Торф является мощным водопоглотителем – 1 кг торфа может удерживать до 15 кг воды, также он обладает большой поглотительной способностью по отношению ко многим элементам.

Средние значения степени разложения, зольности и естественной влажности групп торфа [1]

Тип	Группа	Средние показатели, %		
		Степень разложения	Зольность	Влажность
Низинный	Древесная	50	12	87
	Древесно-травяная	45	9	88
	Древесно-моховая	40	7	90
	Травяная	30	7	91
	Травяно-моховая	30	6	91
	Моховая	20	6	92
Переходный	Древесная	50	5	88
	Древесно-травяная	40	4	89
	Древесно-моховая	35	5	90
	Травяная	35	5	92
	Травяно-моховая	35	4,3	91
	Моховая	50	4,5	91,5
Верховой	Древесная	55	3,5	87
	Древесно-травяная	50	3,4	88
	Древесно-моховая	40	3,0	88
	Травяная	45	3,0	90
	Травяно-моховая	30	2,5	92
	Моховая	15	2,5	93

В таблице представлены водно-физические свойства торфов. Основными качественными показателями, характеризующими торф как горючую среду, являются степень разложения, влажность, зольность, теплота сгорания и плотность объемной массы торфа [1].

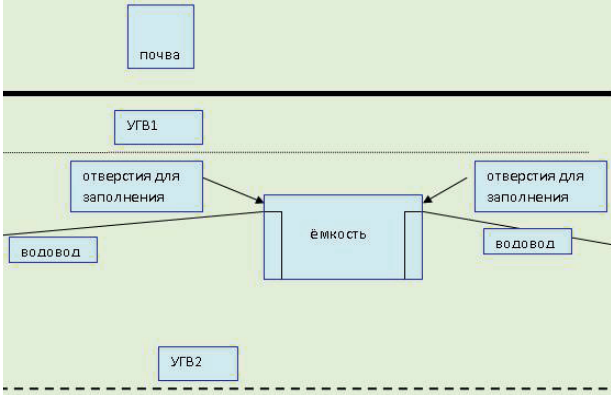
Торфяные пожары могут возникать и вне всякой связи с лесными: в районе торфоразработок и на торфяных болотах. Такие пожары часто охватывают громадные пространства и трудно поддаются тушению. Опасность их состоит в том, что горение часто происходит под землей, образуя пустые места в выгоревшем торфе, в которые могут провалиться люди и техника.

Для Центральной нечерноземной зоны России вероятность возникновения торфяных пожаров, прежде всего, определяется количеством осадков, выпадающих в летний период. При средней норме осадков с начала пожароопасного сезона 250...280 мм в лесах с заторфованными почвами возможны подстилочные и низовые пожары, без заглубления в торф. При уменьшении количества осадков или уменьшении их в июле и августе вероятность возникновения торфяных пожаров увеличивается. Кроме осадков, на влажность растительного покрова болот значительно больше, чем в лесу, влияет уровень грунтовых вод, солнечная радиация и ветер. В засушливые годы опасность возникновения торфяных пожаров на неосушенных и осушенных залежах практически не различается.

В процессе формирования влажности верхнего слоя торфа, в котором возникает возгорание, одну из ключевых ролей играет водный баланс зоны аэрации, в частности водообмен между грунтовыми водами и данной зоной. Опускание поверхности грунтовых вод ниже 1,5 м приводит к прекращению капиллярного подпитывания верхнего слоя торфяной почвы. Таким образом, при такой глубине грунтовых вод наблюдается более быстрое иссушение верхнего слоя торфяной почвы за счет перетекания влаги из зоны аэрации в грунтовые воды и суммарного испарения, складывающегося из испарения растениями и физического испарения с поверхности почвы, в результате чего значительно возрастает риск возникновения торфяного пожара, который увеличивает устойчивый инфильтрационный поток в грунтовые воды из зоны аэрации. В данном случае краткое и непродолжительное выпадение осадков на пожароопасную ситуацию имеет незначительное влияние. Очевидно, что при формировании зоны аэрации торфяной почвы в засушливые периоды в ней формируются благоприятные условия для горения, а именно наличие большого количества окислителя (кислорода) и отсутствие влаги. В зоне аэрации активно развиваются

процессы биологического окисления органического вещества. Мощность зоны окисления определяется глубиной уровня грунтовых вод. Торф характеризуется в естественном сложении и водном питании низкой теплоемкостью и высокой теплопроводностью. Понижение уровня грунтовых вод приводит к изменению его теплового режима, что связанно с увеличением воздушной фазы торфяной почвы. Так как теплопроводность воздуха в двадцать раз ниже, чем воды, то и теплопроводность торфа понижается. Сухая почва обладает более низкой теплопроводностью, чем влажная, что объясняется большим тепловым контактом между частицами почвы, объединенными водными оболочками [2].

Для поддержания пожаробезопасного уровня влажности слоев торфа, на основе экспериментальных полевых и лабораторных исследований разработана система профилактики торфяников от вынужденного зажигания от нагретых тел и самовозгорания (рисунок) [3]. Данная система состоит из размещенных на площади торфяника водораспределительных каналов, заполненных волокнистым или пористым синтетическим материалом, один конец которых погружен, по крайней мере, в одну накопительную емкость для заполнения ее грунтовой водой, причем водораспределительные каналы и верхняя часть накопительной емкости размещены на глубине 0,2...0,6 м от поверхности торфяника в зоне капиллярной подпитки торфяника во влажные периоды. Накопительные емкости выполнены из полимерного материала или из металла с антикоррозионным покрытием в виде короба или цилиндра объемом 0,5...3 м^3, а их выводные водораспределительные каналы в количестве 2...8 шт. выполнены в виде шнура из волокнистого синтетического материала длиной 3...50 м и диаметром 5...10 см, с уклоном 0,002...0,005. Отверстия для заполнения затягиваются геотекстилем для предотвращения попадания в емкость частиц грунта. Вода из емкости в почву поступает за счет уклона водоводов, высоты капиллярного поднятия материала из которого выполнены водоводы и сосущей силы торфяной почвы. Расстояние от дна емкости до места выхода водоводов из емкости определяется из уклона водоводов, высоты капиллярного поднятия материала из которого выполнены водоводы и сосущей силы торфяной почвы, которая определяется для конкретной торфяной почвы.



Система профилактики торфяников от вынужденного зажигания от нагретых тел и самовозгорания: УГВ1 – уровень грунтовых вод осень – весна; УГВ2 – уровень грунтовых вод в пожароопасный сезон

Выводы

Система профилактики торфяников от возгорания позволяет создать запасы влаги в пожароопасном слое торфа в весенний период. С наступлением пожароопасного сезона, связанного с уменьшением количества осадков и понижением уровня грунтовых вод в летний период, данная система отдает аккумулированную воду, тем самым поддерживая влажность слоя торфа на пожаробезопасном уровне. Система профилактики торфяников от возгорания является эффективным техническим средством, позволяющем не допустить возникновение лесоторфяных пожаров и экономически выгоднее, чем строительство систем обводнения торфяников.

Библиографический список

1. **Валендик Э. Н., Матвеев П. М., Софронов М. А.** Крупные лесные пожары. – М.: Изд-во «Наука», 1973. – 198 с.

2. **Никитин Ю. А., Рубцов В. Ф.** Предупреждение и тушение пожаров в лесах и на торфяниках. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 96 с.

3. Комплексная система мониторинга и защиты торфяников от возгорания: Пат. на полезную модель 106542 (Российская Федерация), БИМП № 20/ А. В. Евгра-

фов, П. С. Щербаков, В. Ю. Климахин. – Заявл. 20.07.2011.

Материал поступил в редакцию 25.11.2015.

Сведения об авторах

Евграфов Алексей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела мелиорации земель; ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»; 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44, корп. 2; тел.: +7-916-132-74-07.

Слесарев Михаил Юрьевич, доктор технических наук, профессор; НИУ МГСУ; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; тел.: +7-916-868-15-89.

M. YU. SLESAREV
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«The National research Moscow state construction university», Moscow

A. V. EVGRAFOV
The Federal state budget scientific institution
«The All-Russian research institute of hydraulic engineering and land reclamation named after A.N. Kostyakov», Moscow

THE PREVENTION SYSTEM OF PEAT BOGS IGNITION

The article considers reasons of forced peat lighting from heated bodies and spontaneous ignition. There is given a chemical composition of peat, process of forest - peat bog fire development and main natural factors leading to the origin of natural fires. It is noted that peat bog fires may arise without any connection with forest: in the area of peat developments and peat bogs. Such fires often cover huge spaces and they are difficult to be extinguished. The danger is in the fact that burning occurs underground forming empty places in the burnt peat into which people and techniques can fall. There is proposed a system developed on the basis of experimental and field researches,prevention of peat bogs from ignition. The preventive system of peat bogs ignition allows creating moisture reserves in the flammable peat layer in the spring period. With coming of a fire dangerous season connected with reduction of precipitation quantity and lowering of ground water level in the summer period the given system returns the accumulated water,thus maintaining the moisture of peat layer on the fire safe level. The ignition prevention system of peat bogs is an effective technical means allowing not letting forest-peat bogs fires begin and it is economically more profitable than construction of systems of peat bogs irrigation.

Forest peat bogs fires, system of ignition prevention of peat bogs, peat, ignition, spontaneous ignition, level of ground water,moisture.

References

1. **Valendik E. N., Matveev P. M., Sofronov M. A.** Major forest fires. – M.: Publishing house «Nauka», 1973. – 198 p.

2. **Nikitin Yu. A., Rubtsov V. F.** Prevention and fires extinguishing in forests and peat bogs. – M.: Rosseljkhozizdat, 1986. – 96 p.

3. The integrated system of monitoring and protection of peat bogs ignition: Patent on the useful model 106542 (The Russian Federation), BIMP № 20/ A. V. Evgrafov, P. S. Shcherbakov, B. Yu. Klimakhin. – Applic. 20.07.2011.

Received on November 25, 2015.

Information about the authors

Slesarev Mikhail Yur'evich, doctor of technical sciences, professor; NIU MGSU;129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26; tel.: +7-916-868-15-89.

Evgrafov Alexey Vladimirovich, candidate of technical sciences, associate professor, senior researcher of the land reclamation department; FSBSI «BNIIGiM named after A.N. Kostyakov»; 127550, Moscow, ul. Boljshaya Academicheskaya, 44, corp. 2; tel.: +7-916-132-74-07.

УДК 502/504 : 712.03

М. И. ШЕВЛЯКОВА, С. Н. ЛУГАНСКАЯ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный лесотехнический университет», г. Екатеринбург

К ВОПРОСУ О РЕСТАВРАЦИИ ПРИРОДНОГО МУЗЕЯ-ЗАПОВЕДНИКА «ПАРК МОНРЕПО»

Данная статья посвящена актуальным на сегодняшний день вопросам реставрации на примере историко-архитектурного и природного музея-заповедника «Парка Монрепо». Скомпилированы материалы исторического ассортимента парка Монрепо,подняты материалы исторической планировки парковой части. Парк Монрепо – единственный в России скальный пейзажный парк,расположен близь города Выборга на побережье Бухты Защитной (Ленинградская область) и является государственным историко-архитектурным и природным музеем-заповедником (с 1988 года). Во времена владения усадьбой Монрепо баронами Николаи (1787–1944 годы) парк приобрел мировую известность поэтичностью пейзажей и оригинальной гармонией природы на стыке скал и воды. С приобретением статуса музея-заповедника велись только работы по реставрации отдельных сохранившихся архитектурных элементов. В рамках реализации проекта «Сохранение и использование культурного наследия в России» появилась возможность провести реставрацию архитектурных сооружений и насаждений в парке Монрепо в городе Выборге,которая предполагает затронуть усадебное ядро парка общей площадью 35 га. Первоначальные работы по реставрации связаны с подготовкой исторического очерка. Изучение архивных материалов, первоисточников, литографий и других исторических сведений помогает определиться в вопросе идентичности при восстановлении исторических объектов. Приведенная в статье подборка материалов на примере парка Монрепо в сравнении с современными материалами инвентаризации покажет масштабы преобразования,как ландшафтов,так и архитектурных элементов и поможет определиться со степенью вмешательства в существующие насаждения и целесообразностью подобного вмешательства.

Парк Монрепо, реконструкция, восстановление исторического облика, сохранение культурного наследия, этические принципы реставрации, архивные данные.

Исторически сложилось, что покинутые владельцами усадьбы, парковые ансамбли и дворцы приходят в упадок, теряют свою историческую ценность и утрачивают былое величие. Имение баронов Николаи на о-ве Твердыш (г. Выборг, Ленинградская обл.), а ныне музей-заповедник «Парк Монрепо», как раз относится к категории таких объектов.

Исследовательские изыскания проводились с целью подготовки материалов для последующих работ по реставрации данного памятника садово-паркового искусства, в качестве первого этапав восстановлениего исторического облика.

Методическая работа заключалась в сравнении существующего состояния исторических малых архитектурных форм и элементов ландшафта парка с имеющимися в архивах материалами с их изображениями и описаниями. Сравнение проводилось визуально по ключевым параметрам (степень сохранности малых архитектурных форм, изменение ландшафтных участков по составу, структуре насаждений и элементам рельефа).

История парка Монрепо неразрывно связана с именем президента Санкт-Петербургской Академии наук Людвига Генриха Николаи, который приобрел имение в 1788 году. В начале 19 века к уже существовавшим зданиям были добавлены Усадебный дом и Библиотечный флигель, в парке появились мостики, павильоны и многое другое. Это позволило сформировать неповторимый образ единственного в России скального пейзажного парка с романтическими ландшафтами, с тщательно продуманной мастерами мелиоративной системой и местами отдохновения.

Родственники барона Николаи проживали в усадьбе до начала Финской войны (1939 г.). Позднее — в военное и послевоенное время — в парке, лишенном должного ухода, происходят серьезные изменения, как в видовом составе насаждений, так и в архитектурной части усадьбы. В советский период

усадьба и прилегающая к ней территория становятся парком культуры и отдыха имени М.И.Калинина.И лишь в 1988 г. этой территории присваивается статус музея-заповедника (постановление Совета Министров РСФСР № 30 от 22 января 1988 г. «Об организации историко-архитектурного и природного музея-заповедника «ПаркаМонрепо»).

В настоящее время музей-заповедник Монрепо (рисунок) занимает 163 гектара (из них усадебное ядро – 35 га), здесь представлены как историческая часть самой усадьбы, так и парковая зона.

Ситуационный план

План-схема парка Монрепо: 1 – Усадебный дом; 2 – Библиотечный флигель; 3 – Китайский зонтик; 4 – Паульштайн; 5 – Хижина отшельника; 6 – Источник «Нарцисс»; 7 – Капелла Людвигштайн; 8 – Переправа на о-в Мертвых; 9 – Храм Нептуна; 10 – Чайная беседка; 11 – Обелиск братьям Броглио; 12 – Падающий камень; 13 – Павильон Мариентурм; 14 – Турецкая палатка; 15 – Пампушинка; 16 – Колонна Павлу I и Александру I; 17 – Китайские мостики; 18 – Бель-вю; 19 – Ущелье Святого Николауса; 20 – Вяйнемейнен; 21 – Главные ворота; 22 – Липовая корзинка

После присвоения статуса заповедника, в парке были проведены первые реставрационные работы архитектурных объектов. В феврале 1990 года начались комплексные проектно-изыскательские работы по реставрации и восстановлению исторической гидросистемы парка. В 1998 году состоялось открытие воссозданного первого Китайского мостика. В 1999 году совместным проектом России и Финляндии был восстановлен Храм Нептуна. В 2001 г. был реставрирован второй Китайский мостик, а также было произведено частичное восстановление каменной ограды с установкой исторических каменных столбов у Главных ворот. В 2003 году был выполнен основной объем реставрационных работ на капелле Людвигсбург на острове Людвигштайн. В июне 2007 года в Монрепо состоялось торжественное открытие воссозданной статуи Вяйнемейнена (автор реконструкции – К. Н. Бобков). Осенью 2012 года в Музее-заповеднике «Парк Монрепо» начались масштабные реставрационные работы в рамках реализации проекта «Сохранение и использование культурного наследия в России».

В парковой зоне в рамках реставрации так же была проведена инвентаризация и начаты проектные работы по ее преобразованию.

Реставрация исторических объектов начинается, как правило, с восстановленияутраченного образа по архивным материалам. По усадьбе Монрепо сохранились отдельные фрагменты: впечатления современников, фотоснимки, поэтические литературные произведения и письма барона Людвига Генриха Николаи, в свое время являвшиеся неким путеводителем по парковой части.

На облике парка сказалось увлечение владельцев усадьбы в эпоху романтизма поэзией. Этому способствовали особенности местного ландшафта – пейзажи дикой природы, величавой и живописной, которые ассоциируются с Шотландией и «Поэмами Оссиана». Поэтому и на сегодняшний день наиболее ценными для Монрепо являются старовозрастные деревья — сосны, ели,сохранившиеся в парке и уцелевшие от пожаров (1989, 2002, 2011 годы).

Барон Николаи в своей поэме «Имение Монрепо в Финляндии» (1804) упоминает о периоде владения усадьбой Ступишиным П. А. в 1770 году, в особенности о закладке им липовой аллеи:

«Однако близи дома знаю я особенное место, // Где все растет свободно, но ухоженное. // Здесь цветет липовая аллея. Выпрямленная по шнуру, // Симметрично делит она поле на гнезда, беседки, // Газоны, богатые травой, // С благоухающими вазами цветов».

Часть липовой аллеи сохраниласьи до наших дней.

Наиболее полное представление об усадьбе Монрепо можно получить, познакомившисьс «поэтическим путеводителем» Л. Г. Николаи, идея создания которого зарождается в письмах к сыну Паулю, от 4 (16) сентября 1806 года: «Уже некоторое время назад мне пришла в голову идея сделать поэтическое описание Монрепо в свободное время. Первые наброски я послал Фоссу и по его мудрому совету я их так переделал, чтобы они могли заинтересовать и тех читателей, которые сад не видели и не увидят». Этот факт заслуживает особого внимания, поскольку поэма была задумана автором не просто как «поэтический путеводитель» по парку, но и как изложение основополагающих для Николаи эстетических идей, нашедших свое воплощение в знаменитом памятнике садово-паркового искусства XVIII–XIX вв.

Из переписки Николаи с сыном возникает тема сада; это некий «дикий сад», состоящий из «больших камней и деревьев». Николаи сразу разглядел в дикой природе Монрепо черты английского, нерегулярного парка. Прежде всего, это преобладание в пейзаже так называемой волнистой «линии красоты»: «вьются очень уютные английские дорожки», «канава идет зигзагообразно и образует очень красивую игру» [2]. Разбивая сад, Николаи строго держался принципов создания пейзажных парков; тому свидетельствуют письма владельца, в которых описывается его беспокойство, что садовник Иоганн Бистерфельд «по-видимому, не очень хороший пейзажист». Николаи не отказывается от «истинных правил садоводства» при всем его тяготении к «романтическойосвобожденности» парка [4]:

«На каждом шагу мой сад взывает к сердцу, облагораживает чувства». «Если посмотришь вокруг себя с высоты

скал, // То увидишь кругом пустынное поле, // Покрытое песком, камнем и низкими растениями. // Выделяется только маленький, // Ухоженный островок земли, // Преобразованный умным хозяином, // Который стремится обеспечить свой народ // И свой стол сочными овощами и сладкими фруктами».

Такими и сегодня предстают посетителю знаменитые суровые прибрежные скалы Монрепо, поросшие мхом, оледеневающими ручьями, прихотливо-изогнутыми дорожками под сенью деревьев, с тихим плеском воды, отражающей парковые постройки [2]. О каждой из них повествуется в поэме Л. Г. Николаи. О Храме Нептуна упоминает как о строящемся «открытом храме» в греческом стиле, рядом с которым стоят две старые ели [4]: «Глухая тропочка манит с дороги нас, // Ведет к поляне, что усеяна цветами // И зацелована сребристою волною. // И в стиле греческом там встанет пред тобою // Открытый храм. Лишь две сосны // На равном расстоянии от входа // Стоят у храма».

На участке, где располагался павильон, ежегодно велись берегоукрепительные работы, еще при бароне Николаи была высажена живая изгородь из елей, а по двум сторонам от Храма Нептуна посажены две сосны [2], из которых только одна сохранилась до настоящего времени. Сам исторический памятник был утрачен при пожаре 2011 года.

Одной из архитектурных достопримечательностей парка является источник Нарцисс, во времена барона именовавшийся источником Сильмии. О нем так же упоминается в поэме Л. Г. Николаи: «... в той березовой роще, // Где я посадил нимфу Сильмию». Из цитаты следует, что источник окружала березовые насаждения, а в воспоминаниях современников указываются кусты роз у источника. Из мемуаров Анны Керн: «Проводница рассказывала нам, что вода источника славится целебною силою, вкусом и свежестью. Действительно, я такой вкусной воды отроду не пивала. Она холодна, чиста как горный хрусталь и много имеет в себе живительного. У источника роскошный куст роз» [2]. Оба элемента не сохранились до наших дней.

Еще одним строением, упоминающимся в поэме, является Хижина отшельника: «За шелковым лугом, окружающим рощу, следует дикая глушь. // В глубине леса, на болоте, прячется хижина брата». В настоящее время памятник восстановлен, а вот луговая растительность сменилась древесно-кустарниковой.

На скалистом уступе в 1831 году была установлена статуя героя скандинавского эпоса Вяйнемейнена, к которой вело ущелье. О подножии скалистого уступа писал в поэме владелец усадьбы: «Его вершина служит основанием высоким деревьям. // Здесь редкая трава, обнаженные корни, // Пронизывающие песок, и гниющее дерево». Скульптура неоднократно менялась, а вот редкая растительность на краю обрыва неизменно произрастает и в наши дни.

О главном архитектурном сооружении Монрепо – капелле-усыпальнице Людвигштайн, – сам барон Николаи писал еще как о памятнике другу: «У тропинки, которая ведет вниз, к долине, // Лежит, спрятавшись в тени елей, тихое жилище. // Изысканный ковер из лилий и роз // Приведет тебя к постаменту из серого мрамора, // На котором урна с именем Германа, друга моей юности». Только после смерти Людвига Николаи крепость на острове Мертвых становится родовой усыпальницей. Посадки из роз и лилий были утрачены. В 1840 году Пауль писал: «Это творение навечно почившего отца стоит как новое уже полстолетия. С высоты, на которой размещается домик, обозревается почти весь сад» [5]. В цитате ведется упоминание фруктового сада, созданного еще при Ступишине, до настоящих дней не сохранившегося.

Кроме исторической части усадьбы, занимающей 32 гектар, в территорию музея-заповедника входит также обширная лесопарковая зона (свыше 100 гектаров) и часть акватории бухты Защитная с прибрежными островами [3]. Историческая часть органично переходит в лесопарковый массив – зону ценного лесного ландшафта [1]. О ней упоминается в записках современников [6]: «Весь воздух растворен светом и теплотою. Вы забыли, что под ногами у вас финляндский искусственный сад, около вас – негостеприимная северная природа. Как не поблагодарить умного устроителя, который с помощью то природы, то искусства умел и здесь, на холодном севере, достигнуть такого великолепного эффекта».

В своей поэме Л.Г. Николаи весьма романтично описывает свой «дикий сад» (природный парк): «Эти мшистые громады // Сердце тянут как магнит. // Что от смертного вам надо, // Что за тайна здесь лежит?», — говоря о природных ландшафтах не иначе, как «травяное буйство полей», «стена первозданных, свободно растущих лесов».

Даже столь немногочисленные материалы дают развернутое представление об историческом облике усадьбы, ее планировке, наполненности архитектурными и ландшафтными элементами и, соответственно, необходимости их сохранения либо восстановления, что обязательно должно быть предусмотрено в проектных предложениях по реставрации объектов.

Тем не менее, такие элементы как березовая роща, фруктовый сад, некоторые солитерные посадки нет возможности воссоздать в полном соответствии с историческими материалами в короткие сроки, поскольку на этих участках на сегодняшний день по результатам инвентаризации (ООО «Сакура», 2012–13 гг., г. Санкт-Петербург) произрастает здоровый качественный древостой. Однако большая часть исторического образа усадьбы не утрачена и может быть со временем восстановлена, и работа в этом направлении ведется основательная.

Выводы

Любая работа по реставрации связана с подготовкой исторического очерка. Изучение архивных материалов, первоисточников, литографий и других исторических сведений помогает определиться в вопросе идентичности при восстановлении исторических объектов. Приведенная в статье подборка материалов на примере парка Монрепо в сравнении с современными материалами инвентаризации покажет масштабы преобразования, как ландшафтов, так и архитектурных элементов и поможет определиться со степенью вмешательства в существующие насаждения и целесообразностью подобного вмешательства.

Библиографический список

1. Спецвыпуск-альманах газеты «Санкт-Петербург» № 4 (10). – СПб: Фонд содействия реставрации памятников истории и культуры «Спас», 1994.

2. К 20-летию музея-заповедника «Парк Монрепо» / А А. Бадалов, В. А. Болгов, О. М.Глазкова [и др.] // «Выборгские ведомости», 2008.

3. Из истории Монрепо / В. А. Болгов, М. В. Ефимов // Мир музея. – 2010. – № 4. –С. 16–18.

4. **Николаи Л. Г.** Имение Монрепо в Финляндии. 1804: [пер. с нем.] / М. Н. Костоломова / Изд. подг. М. В. Ефимов, Ю. И. Мошник. – СПб.: Центр Сохранения Культурного Наследия, 2011. – 143 с.

5. Монрепо: Альманах / М. В. Ефимов, Ю. И. Мошник. – Выборг : ЛОГУК ГИАПМЗ «Парк Монрепо», 2010. – 204 с.

6. **Кудрявцев П. Н.** Газета «Московские ведомости», 1852. [Электронный ресурс]. – URL: http://mosvedi.ru (дата обращения 16.02.2015).

Материал поступил в редакцию 19.11.2015.

Сведения об авторах

Шевлякова Мария Игоревна, аспирантка; ФГБОУ ВПО УГЛТУ; 620100, Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37; тел.: +7-912-252-09-18; e-mail: shevlyakovamaria@gmail.com.

Луганская Светлана Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ландшафтного строительства; ФГБОУ ВПО УГЛТУ; 620100, Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37; e-mail: sve-luganskaya@yandex.ru.

M. I. SHEVLYAKOVA, S. N. LUGANSKAYA
The federal state budget educational institution of higher vocational education
«The Ural state forestry university», Ekaterinburg

ON THE RESTORATION OF THE STATE HISTORICAL AND ARCHITECTURAL MUSEUM-RESERVE «MONREPOS PARK»

This article covers the restoration of «Mon Repos» park, the historical-architectural and natural reservation-museum in Vyborg. There are compiled materials on historical assortment of «Mon Repos» park, with materials on historical layout of park raised. «Mon Repos» park is the only rocky landscape Park in Russia; it is located near Vyborg on the bank of the Zaschitnaya bay (Leningrad region) and is the state historical-architectural and natural museum-reserve (since 1988). During the barons Nicolai ownership of the estate «Mon Repos» (1787–1944) the park became world famous for its poetic landscapes and an original harmony of nature at the intersection of water and rock. With the acquisition of the Museum-reserve status only the restoration works of individual architectural elements were conducted. Within the project «Conservation and use of cultural heritage in Russia» appeared an opportunity to restore architectural structures and spaces at the «Mon Repos» park in Vyborg, which supposes to affect the core of manor Park with a total area of 35 hectares. Initial restoration works are associated with the preparation of a historical article. The study of archival materials, primary sources, lithographs and other historical information helps to determine the question of identity at restoration of historical objects. Given collection of materials on the example of the «Mon Repos» park in comparison with modern inventory materials will show the extent of the transformation of the landscapes as well as architectural elements and will help to determine the degree of intervention in existing vegetation and appropriateness of such interventions.

Monrepos Park, reconstruction, restoration of the historic appearance, cultural heritage preservation, ethical principles of restoration, documentation archive.

References

1. Special issue–almanac of the newspaper «Saint-Petersburg» № 4 (10). – SPb: Fund of assistance to restoration of monuments of history and culture «Spas», 1994.

2. To the 20th anniversary of the museum-reservation «Monrepos Park» / A.A. Badalov, V.A. Bolgov. O.M. Glazkov [and others] // «Vyborgskiye vedomosti», 2008.

3. From the history of Monrepos / V.A. Bolgov, M.F. Efimov // Mir muzeya. – 2010. – № 4. – P. 16–18.

4. **Nikolai L. G.** Estate Monrepos in Finland. 1804 [translation from German]/ M.N. Kostolomova / Edition prepared by M.V. Efomov, Yu.I. Moshnik. – SPb.: Center of Conservation of Cultural Heritage, 2011. – 143 p.

5. Monrepos: Almanac / M.V. Efimov, Yu.I. Moshnik. – Vyborg: LOGUK GIAPMZ «Park Monrepos». 2010. – 204 p.

6. **Kudryavtsev P. N.** Newspaper «Moscovskiye vedomosti», 1852. – URL: http://mosvedi.ru.

Received on November 19, 2015.

Information about the authors

Shevlyakova Maria Igorevna, post-graduate; FSBEI HVE UGLTU; 620100, Ekaterinburg, ul. Sibirsky trakt, 37; tel. +7-912-252-09-18; e-mail: shevlyakovamaria@gmail.com.

Luganskaya Svetlana Nikolaevna, candidate of agricultural sciences, associate professor of the chair of landscape building; FSBEI HVE UGLTU; 620100, Ekaterinburg, ul. Sibirsky trakt, 37; e-mail: sveluganskaya@yandex.ru.

УДК 502/504 : 639.31

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

Н. И. МАСЛОВА
Государственное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский институт ирригационного рыбоводства Россельхозакадемии, Московская область

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОТОМСТВА, ПОЛУЧЕННОГО ОТ СКРЕЩИВАНИЯ КАРПОВ АНИШСКОЙ И ЧУВАШСКОЙ ПОРОД

В статье приведены результаты исследований по получению гибридного потомства от скрещивания карпа анишской и чувашской пород. Дана рыбоводная и физиологическая характеристик гибридов. Установлено, что гибриды во всех поколениях превосходят родительские формы по многим хозяйственно-полезным показателям: выходу мальков,годовиков и двухлетков карпа от одной самки, конечной массе товарной продукции и продуктивности рыб нагульных прудов. Однако следует отметить,что в первом поколении отмечены более низкие показатели по сохранности сеголетков,что обусловило и более низкий показатель выхода двухлетков от одной самки. При скрещивании двух пород карпа получены гибриды, имеющих различную форму чешуйчатого покрова – чешуйчатую и зеркальную. Оценка их роста и развития в двухлетнем возрасте позволила выявить разные потенции роста в нагульных прудах и экстерьерные показатели. Наибольшую скорость роста имели карпы зеркальной группы, превосходившие чешуйчатых на 49,9 %,а различия в стартовой массе между группами составляла всего 19 % (меньшая у зеркальных). Одновременно с этим вариабельность массы тела у зеркальных карпов была выше,чем у чешуйчатых: масса чешуйчатых карпов колебалась в пределах 560...690 г. Коэффициент этого показателя у них составил 37,5 %,а у зеркальных – 33,3 %. Установлена более высокая конечная масса двухлетних карпов в первом поколении,свидетельствующая о проявлении гетерозиса по интенсивности роста рыб. Выявлена высокая комбинационная способность между производителями анишской и чувашской пород карпа.

Карп, порода, гибриды, скрещивание, эффект гетерозиса, рост, сеголетки, двухлетки, гематологические и биохимические показатели.

Введение. Известно, что гетерозис представляет собой сложное биологическое явление, в котором решающее значение имеют четыре группы факторов: прямое действие генов (уровень продуктивности исходных пород), дополняющее действие генетических факторов (гетерогенность генотипа), материнский (реципрокный) эффект и условия жизни потомков и родителей. Усиленное воспроизведение генетического материала у гибридов и высокое абсолютное его содержание в расчете на биологическую единицу является одной из причин гетерозиса. Это подтверждается данными о повышенном содержании нуклеиновых кислот в клетках гетерозисных растений, об ускоренных темпах накопления в них РНК [9]. Одной из характерных особенностей гетерозисных гибридов является способность их к усиленному росту, что обусловлено, по-видимому, с повышенной митотической активностью [5]. Подобная активность сопряжена с активацией транскрибирующей и репликативной функций ДНК с усилением синтеза рибосомальной и информационной РНК [3]. Предполагается, что одной из причин гетерозисного эффекта может быть сбалансированность синтеза разных фракций РНК и в особенности и-РНК [4].

Материал и методы. В рыбоводных

хозяйствах для получения гетерозисного эффекта используются скрещивания: двух породное, трех породное, много породное при обязательном наличии условий для оптимального его проявления, что позволяет избежать отрицательное действие инбредной депрессии и получить гетерозисный эффект по некоторым хозяйственно-полезным признакам в пределах 10…25 % [1, 2].

Экспериментальная часть работы проведена в рыбоводном хозяйстве «Ергенинский» Волгоградской области. Варианты скрещивания карпа изучались как в естественных, так и в заводских условиях. Объектом исследований являлись производители карпа анишской зеркальной и чувашской чешуйчатой пород карпа, а также полученное от них при скрещивании потомство. Племенная оценка производителей и полученного потомства проведена по комплексу рыбоводно-биологическим [8] показателям. Биохимические исследования крови рыб проводили с использованием биохимического автоматического анализатора EXPRESS PLUS (CHIRON DIAGNOSTICS) – производства США. Биометрическая обработка цифрового материала проведена по методике П. А. Плохинского [7].

В исследованиях при получении промышленного скрещивания использованы две отечественные породы (анишская зеркальная и чувашская чешуйчатая). Эти породы карпа используются для разведения в рыбхозах Среднего Поволжья.

Результаты и обсуждение. Проведенные исследования по скрещиванию самок анишской с самцами чувашской пород дали положительные результаты по получению гетерозисного потомства (таблица 1).

Таблица 1

Рыбоводные показатели сеголетков карпа различного происхождения

Поколение	Масса сеголетков, г			Выживаемость сеголетков в прудах, %		
	Анишская порода	Чувашскаяпорода	Гибриды	Анишская порода	Чувашская порода	Гибриды
F_o	44,8	42,3	–	56	60	–
F_1	66,4	70,2	71,2	76	78	85
F_2	80,1	85,0	93,0	83,3	85,0	87,0
F_3	85	90	90	80,0	81,0	85,0

Масса сеголетков обеих пород в процессе разведения в «себе» от поколения к поколению существенно увеличивается. У полученных при скрещивании гибридов этот показатель значительно выше, то есть проявляется эффект гетерозиса. В процессе адаптации за счет создания лучших условий содержания и кормления от поколения к поколению происходит повышение жизнестойкости сеголетков обеих пород в выростных прудах. Вместе с тем, у гибридов этот показатель выше, что свидетельствует о выявлении эффекта гетерозиса по данному показателю. На основании полученных данных можно заключить о выявлении высокой комбинационной способности между производителями анишской и чувашской пород карпа, что позволило получить по ряду хозяйственно-полезным признакам эффект гетерозиса (таблица 1), а по некоторым признакам – аддитивный эффект (таблица 2).

Таблица 2

Рыбоводные показатели гибридов карпа

Показатели	Исходное стадо	1-е поколение	2-е поколение	3-е поколение
Рабочая плодовитость, тыс. шт. икринок	–	502	460…500	500…615
Выход мальков от одной самки, тыс. шт.	141	178	260	275
Выход годовиков из зимовального пруда, %	71,3	80,0	86,4	85,3
Средняя масса двухлетков, г	375	460	370	360
Выход двухлетков карпа из нагульного пруда, %	70,5	73,0	78,8	87,1
Выход товарной продукции карпа в расчете от 1 самки, ц	188,7	170,2	252,6	269,7

Установлено, что гибриды во всех поколениях превосходят родительские формы по многим хозяйственно-полезным показателям: выходу мальков, годовиков

и двухлетков карпа от одной самки, конечной массе товарной продукции и рыбопродуктивности нагульных прудов. Однако следует отметить – в первом поколении отмечены более низкие показатели по сохранности сеголетков, что обусловило и более низкий показатель выхода двухлетков от одной самки. Вместе с тем, установлена более высокая конечная масса двухлетних карпов в первом поколении, свидетельствующая о проявлении гетерозиса по интенсивности роста рыб.

При изучении уровня обмена веществ у чистопородных (чешуйчатых и зеркальных) и гибридных сеголетков установлено, что у гибридных сеголетков в процессе роста активизируются (идет увеличение) ферменты: щелочная фосфотаза (ЩФ), лактатдегидрогиназа (ЛДГ), панкреатическая амилаза (ПА), гаммаглутаминовая транспептидаза (ГГТ), мочевая кислота (конечный продукт обмена пуринов). Однако отмечается уменьшение показателей альбумина амилазы, аспаратаминотрансферазы (АСТ), креатинкиназы (КК), глюкозы, холестерина, триглицеридов и креатинина (продукта распада фосфорокреатина) (таблица 3). Средние показатели отмечены только по белку, АЛТ (аланинаминотрансфераза) и мочевине. Из 17 химических веществ количество с высокими показателями составляет 38,3 %, низкими – 44,1 % и средними – 17,6 %. Суммарное количество белка имеет средние значения по сравнению с родителями. У зеркальных карпов уровень белка был на 16,5 % выше, чем у чешуйчатых. Средние значения имеют фермент АЛТ и конечный продукт обмена белков – мочевина. Весной после зимовки у гибридов значительно снизилось количество альбумина. Это, очевидно, связано с исключительно высоким уровнем его использования на пластический обмен в период весенней перестройки к интенсивному росту. Увеличение показателей ЛДГ, лактаты и мочевой кислоты является следствием высокого уровня процессов глюкогенеза, т.е. происходит распад гликогена в печени и поступления его в кровь для переноса в клеточные структуры.

Таблица 3

Показатели обмена веществ у годовиков карпа

Показатели	Ед. измер.	Родительские формы		Гибриды	
		анишская зеркаль.	чувашская чешуйч.	средн. знач.	min – max
Белок	г/л	27,4	23,5	26,7	22,4–36,3
Альбумин	г/дл	14,1	11,7	9,3	8,0–11,5
Альбумин/белок	%	51,4	49,7	35,1	31,7–39,7
АЛТ	ед./л	45,2	42,7	44,0	26,7–57,6
АСТ	ед./л	248,3	287,1	141,5	82,8–176,5
АСТ/АЛТ		5,5	6,72	3,52	1,43–5,76
ЩФ	ед./л	30,2	32,0	121,6	32–291
КК	ед./л	4868,0	4542,8	2443,2	300,4–4076,5
ГГТ		12,0	18,7	31,4	20,9–42,1
Белок/ЩФ		0,86	0,77	0,36	0,12–0,73
Белок/мочевина		2,7	4,2	2,7	1,6–3,7
Глюкоза	ммоль/л	4,7	4,1	3,52	2,3–5,7
Лактат	мг/дл	40	47,9	52,8	34,5–67,7
ЛДГ		981,6	838,8	1435,7	513,2–2551,3
ЛДГ/лактат		21,9	12,4	30,4	9,1–74,0
Лактат/глюкоза		8,5	11,6	15,7	11,9–21,3
Глюкоза/лактат		0,12	0,08	0,06	0,05–0,08
Амилаза	ед./л	13,4	24,7	11,4	0,4–32
Панкр.амилаза	ед./л	17,8	9,4	30,3	3,1–70,5
П.амилаз/глюкоза		3,8	2,3	6,7	0,17–20,7
Холестерин	мг/дл	162,8	148,1	137,9	100,3–175,6
Триглицериды	мг/дл	162,0	134,2	45,4	31–60
Триглицериды/холестер.		0,99	0,91	0,36	0,18–0,60
Креатинин	ммоль/л	17,4	14,3	5,8	0–20,7
Мочевая к-та	ммоль/л	1,9	2,5	211	105,9–275,9
Мочевина	мг/дл	10,3	5,6	10,5	7,9–13,8
Мочевая к-та /мочевина		0,18	0,44	19,9	12–27,9

Увеличение мочевой кислоты у годовиков гибридов обусловлено повышенным распадом пуринов (аденин, гуанин, а также минорные пуриновые основания). Известно, что пурины входят в состав нуклеотидов – структурных компонентов нуклеиновых кислот. Причем, пурины в РНК содержатся в значительно больших

количествах, чем в ДНК. Пуриновые и пиримидиновые основания осуществляют кодирование генетической информации и ее реализацию в процессе биосинтеза белка, а также играют важную роль в биоэнергетике клетки (АТФ) и механизме гормональной регуляции (цАМФ и цГМФ). Предельно высокое увеличение мочевой кислоты весной у гибридных годовиков карпа свидетельствует об активности нуклеиновых кислот, их распаде и синтезе РНК, а также использовании пуриновых оснований в образовании АТФ, обусловливающих интенсификацию пластического обмена. Об этом свидетельствует также увеличение деятельности ферментов печени – гаммаглутаминовой транспептидазы и панкреатической амилазы.

Одновременно с этим идет снижение ферментов креатинкиназы и аспартатаминовой трансферазы. Оба эти ферменты интенсивно используются в процессах фосфорилирования креатинкиназы и переаминирования до глютаминовой аминокислоты. Уменьшение глюкозы, триглицеридов, холестерина обусловлено прямым использованием их в энергетике организма, активизированного в весенний период с повышением температуры воды и интенсивного использования корма, а снижение показателей креатинкиназы и креатинина – высоким их расходованием на обменные процессы. В связи с чем, их уровень в сыворотке крови резко снижается, в особенности креатинина, а у некоторых обследованных рыб он вообще отсутствовал.

Уровень фермента амилазы также низкий, особенно у зеркальных карпов и гибридов. По-видимому, это связано с отсутствием в ее потребности организмом, поскольку углеводы с кормами в этот период вообще еще не поступают. Карпы при низкой температуре воды питаются только естественной пищей (зоопланктоном и бентосом, которые не содержат углеводы).

Итак, основываясь на показатели обмена веществ гибриды имеют существенные различия по сравнению с чистопородными карпами, как по системам адаптации, так и по их реакции на новые условия среды (температура воды, качество пищи). Циклические нуклеотиды, триглицериды, глюконеогенез и нуклеиновые кислоты (в том числе РНК) являются основным звеном в характеристике обмена веществ нового генотипа, что в совокупности дает основание считать проявление гетерозиса за счет обогащения (усиления) биохимических процессов в клетках и тканях организма. Следовательно, можно утверждать, что гибридные годовики карпа представляют собой генотип с новыми биохимическими свойствами.

При скрещивании двух пород карпа получены гибриды, имеющих различную форму чешуйчатого покрова – чешуйчатую и зеркальную. Оценка их роста и развития в двухлетнем возрасте позволила выявить разные потенции роста в нагульных прудах и экстерьерные показатели. Так, наибольшую скорость роста имели карпы зеркальной группы, превосходившие чешуйчатых на 49,9 %, а различия в стартовой массе между группами составляла всего 19 % (меньшая у зеркальных).

Одновременно с этим вариабельность массы тела у зеркальных карпов была выше, чем у чешуйчатых: масса чешуйчатых карпов колебалась в пределах 560...690 г. Коэффициент этого показателя у них составил 37,5 %, а у зеркальных – 33,3 %.

Линейный рост (за исключением обхвата тела) проходил примерно одинаково, а индекс развития различался. Так, индексы обхвата тела, физического развития (г/см) и коэффициент упитанности были более высокими у зеркальных карпов. Одновременно с этим меньший индекс прогонистости отмечен у зеркальных карпов, что, как правило, является закономерным.

Оценивая уровень обмена веществ у двухлетков карпа с разным чешуйчатым покровом, наблюдается схожая картина по белковому и энергетическому обменам.

Физиологические исследования позволяют провести анализ изменений, происходящих в крови двухлетних карпов, дать оценку их физиологического состояния и помогает определить жизнеспособность полученного потомства при реципрокных скрещиваниях.

Функциональная взаимосвязь между отдельными элементами системы крови, а также существование клеточного взаимоотношения является исключительно важным как в оценке процессов кроветворения, так и в реализации ответа организма

на различные факторы.

Следует еще раз отметить, что у гибридных двухлетков был более низкий уровень стартовой массы, однако скорость роста была предельно высокой (компенсация роста), хотя и те и другие группы выращивались только на естественной пище. Представленные результаты гематологической оценки свидетельствуют об условно нормальном физиологическом состоянии и отсутствии инородного отрицательного влияния (таблица 4).

Таблица 4

Гематологические показатели двухлетков карпа различного происхождения и чешуйчатого покрова

Показатели	Гибриды		Родительские формы	
	чешуйчатые	зеркальные	чешуйчаые	зеркальные
Масса тела рыб, г	862,5 ± 77,8	1040 ± 114,3	994 ± 45,3	909 ± 51,3
Эритропоэз, %				
Гемоцитобласты, эритробласты	0,25 ± 0,16	0,53 ± 0,18	0,3 ± 0,11	0,4 ± 0,12
Нормобласты	2,8 ± 0,64	2,2 ± 0,49	2,6 ± 0,42	2,7 ± 0,50
Базофильные эритроциты	11,1 ± 2,44	4,9 ± 0,56	11,5 ± 1,42	12,2 ± 1,99
Сумма зрелых и полихроматофильных эритроцитов	85,8 ± 2,9	92,3 ± 0,82	85,6 ± 1,66	81,7 ± 2,51
Лейкоцитарная формула крови, %				
Промиелоциты Миелоциты Метамиелоциты	0,13 ± 0,13 0,63 ± 0,18 2,8 ± 0,53	0,11 ± 0,11 0,44 ± 0,34 3,2 ± 0,66	– – 1,0 ± 0,76	– 0,50,35 2,7 ± 0,96
Нейтрофилы: палочкоядерные сегментоядерные всего нейтрофилов	 3,1 ± 0,97 4,0 ± 0,59 7,1 ± 0,95	 2,6 ± 0,66 3,8 ± 0,57 6,4 ± 0,79	 2,7 ± 1,22 2,3 ± 0,99 5,0 ± 0,77	 3,54 ± 1,68 1,7 ± 0,74 5,34 ± 1,42
Базофилы	0,38 ± 0,18	–	–	–
Моноциты	2,1 ± 0,35	2,7 ± 0,29	2,6 ± 0,51	4,3 ± 0,65
Лимфоциты	87,3 ± 1,24	87,2 ± 1,6	91,3 ± 0,77	86,9 ± 1,5
Фагоцитарная активность				
СЦК, ед.	2,07 ± 0,06	1,99 ± 0,06	1,62 ± 0,13	2,29 ± 0,05

При характеристике эритропоэза как у родителей, так и у их потомков отмечено интенсивное образование молодых клеток, за исключением зеркального кросса, где уровень молодых клеток был ниже, то есть сумма зрелых эритроцитов преобладала. Очевидно, это связано с повышенной потребностью рыб в гемоглобине при высокой интенсивности их роста.

Лейкоцитарная формула крови кроссов отличается большей динамикой в сравнении с родительскими формами. У кроссов уровень младших клеток лейкопоэза значительно выше, чем у родителей.

Интересно отметить и такую закономерную особенность – общее количество нейтрофилов у кроссов выше, чем у родителей. При этом у кроссов наблюдается увеличение более зрелых форм (сегментоядерных), а у родителей было все наоборот – младших стадий клеток было больше. Так, у кросса, имеющих сплошной чешуйчатый покров, количество сегментоядерных нейтрофилов увеличилось на 29 %, у зеркальных – на 46,2 %. Уровень моноцитов во всех проверяемых группах был низким, что свидетельствует об отсутствии в организме болезнетворных начал. Показатели лимфоцитов не имели существенных различий и находился в пределах нормы для интенсивно растущих двухлетков карпа. Фагоцитарная активность нейтрофилов (СЦК) имела достаточно высокий уровень, за исключением чешуйчатой родительской группы, которая отличалась высокой инбридированностью.

Высокая скорость роста гибридов обусловлена интенсивным процессом белкового роста, выработки в организме энергоресурсов и повышенной дыхательной функцией крови. Чешуйчатые гибриды ближе по своим параметрам к родительской чешуйчатой группе, зеркальные – к зеркальной группе, то есть каждый из них в большей степени наследует особенности своих родителей.

Заключение

Таким образом, исследования выявили

высокая комбинационную способность между производителями анишской и чувашской пород карпа. Гибридная молодь выращенная в выростных и нагульных прудах обладала более высокими рыбоводными и физиологическими показателями по сравнению с чистопородными сверстниками. Эти породы (анишская и чувашская) можно рекомендовать для промышленного скрещивания во 2-ой и 3-ей зонах прудового рыбоводства РФ.

Библиографический список

1. **Власов В. А., Маслова Н. И.** Гетерозис в рыбоводстве: монография. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2014. – 203 с.

2. **Власов В. А., Привезенцев Ю. А., Дацюк П. В.** Промышленное скрещивание – важный резерв повышения продуктивности в прудовом рыбоводстве: Совершенствование биотехники в рыбоводстве: сб. науч. трудов: – М.: ТСХА. 1985. – С. 7–12.

3. **Замахаев Д. Ф.** О типах размерно-половых соотношений у рыб // Тр. Мосрыбвтуза. – 1969. – Вып. 10. – С. 193–209.

4. **Ивлева Л. А., Гилязетдинов Ш. Я., Ахметов Р. Р.** Структурное состояние хроматина и синтез РНК в проростках гетерозисных гибридов кукурузы // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции ВНИИ растениеводства. – 1973. – Т. 52. – № 1. – С. 96–106.

5. **Конарев В. Г.** Биохимические и молекулярно-генетические аспекты гетерозиса // Вестник сельхоз. науки. – 1974. – № 12. – С. 1–10.

6. **Маслова Н. И.** Биологические основы племенного дела в рыбоводстве и методы управления селекционным процессом. – М.: РАСХН, ГНУ ВНИИР. – 2011. – 578 с.

7. **Плохинский Н. В.** Биометрия. – Новосибирск, 1961. – 364 с.

8. **Правдин И. Ф.** Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

9. **Шахбазов В. Б.** Роль и природа интегральных свойств генома, определяющих гетерозис, неспецифическую устойчивость и возрастные изменения // Тезисы докл. IV Съезда генетиков и селекционеров Украины. – Киев.: Наукова думка, 1981. – Ч.1. – С. 21–26.

Материал поступил в редакцию 21.10.2015.

Сведения об авторах

Власов Валентин Алексеевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры аквакультуры и пчеловодства; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 8(499)976-00-09; e-mail: vvlasov@timacad.ru.

Маслова Неонила Ивановна, доктор биологических, заведующая лабораторией разведения и воспроизводства рыб; ГНУ ВНИИР; 142460, Московская обл., Ногинский р-н, пос. им. Воровского; тел. 8(499)356-75-23.

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

N. I. MASLOVA
The State scientific institution
The All-Russian research institute of irrigation fish breeding of Rosselkhozacademy, The Moscow region

CHARACTERISTICS OF THE OFFSPRING PRODUCED BY CROSSING CARPS OF ANISHSKAYA AND CHUVASHSKAYA BREEDS

In the article there are given results of investigations on getting a hybrid breed from crossing carps of anishskaya and chuvashskaya breeds. There is given a fishery and physiological characteristics of hybrids. It is established that hybrids in all generations exceed their parents' forms on many economic-useful indicators: outcome of young fishes,yearlings and two-years of one carp female,final weight of market product and fish productivity of finishing ponds. However it is necessary to note that in the first generation lower indicators are marked on underyearling safety which caused a lower indicator of two years' outcome of one female. When crossing two carp breeds hybrids are obtained having a different form of a scaly cover – scaly and mirror. Assessment of their growth and development in the two-year

age allowed revealing different potentials of growth in finishing ponds and exterior indices. Carps of mirror group had the biggest growth speed exceeding the scaly ones by 49,9 % and differences in the starting mass between the groups were only 19 % (the mirror ones had less). Simultaneously the variability of the body weight of mirror carps was higher than the scaly carps': the mass of scaly carps varied in the range of 560...690 g. The coefficient of their indicator was 37,5 %,and mirror carps had 33,3 %.There is established a higher final weight of two-years carps in the first generation which indicates of heterosis on the intensity of fish growth. There is revealed a high combinative capability between producers of the anishskaya and chuvashskaya breeds of carp.

Carp, breed, hybrids, cross-breeding, heterosis effect, growth, underyearlings, two-year old carps, haematological and biochemical parameters.

References

1. **Vlasov V. A., Maslova N. I.** Heterosis in fish breeding: monograph. – M.: Publishing house named after RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 2014. – 203 p.

2. **Vlasov V. A., Privezentsev Yu. A., Datsyuk P. V.** Industrial crossing – an important reserve of increasing productivity in pond fish breeding: Improvement of bioengineering in fish feeding: collection of scientific works. – M.: MTAA. 1985. – P. 7–12.

3. **Zamakhaev D. F.** About types of fish size-gender ratios // Works of Mosrybvtuza. – 1969. – Iss. 10. – P. 193–209.

4. **Ivleva L. A., Gilyazetdinov Sh. Ya., Akhmetov R. R.** Structural state of chromatin and RNA synthesis in germs of corn heterosis // Works on applied botany, genetics and selection VNII of plant growing. – 1973. – V. 52. – № 1. – P. 96–106.

5. **Konarev V. G.** Biochemical and molecular-genetic aspects of heterosis // Vestnik of agricultural science. – 1974. – № 12. – P. 1–10.

6. **Maslova N. I.** Biological bases of fish breeding and methods of the selection process management. – M.: RASHN, GNU VNIIR. – 2011. – 578 p.

7. **Plokhinsky N. V.** Biometry. – Novosibirsk, 1961. – 364 p.

8. **Pravdin I. F.** Guidance on fish studying (mainly fresh water fish). – M.: Food industry, 1966. – 376 p.

9. **Shakhbazov V. B.** Role and nature of integral properties of genome determining heterosis, nonspecific stability and age changes // Theses of the reports of the IV Congress of geneticists and breeders of the Ukraine. – Kiev.: Naukova dumka, 1981. – P.1. – P. 21–26.

Received on October 21, 2015.

Information about the authors

Vlasov Valentin Alexeevich, doctor of agricultural sciences, professor of the chair of aquaculture and bee keeping; FSBEI HE RSAU – MTAA; 127550, Moscow, ul. Timiryzevskaya, 49; tel.: 8(499)976-00-09; e-mail: vvlasov@timacad.ru.

Maslova Neonila Ivanovna, doctor of biological sciences, head of the laboratory of fish breeding and reproduction; GNU VNIIR; 142460, Moscow area, Noginsky region, pos. named after Vorovsky; tel. 8(499)356-75-23.

СПИСОК СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В 2015 ГОДУ

Автор и название статьи	Вып.	Стр.
Московский гидромелиоративный институт в годы Великой Отечественной войны	2	6
Книга С. Ф. Аверьянова	3	105
Ученый, энциклопедист, публицист. В память об академике Борисе Степановиче Маслове	4	6
Новые учебники по природообустройству и мелиорации	4	101
Международный научный форум		
Козлов Д. В. Проблемы управления водными и земельными ресурсами: научный аспект	5	6
Гулюк Г. Г. Сохранение и восстановление плодородия почв – залог продовольственной безопасности страны	5	9
Кизяев Б. М., Мартынова Н. Б. Реализация научных проектов в сфере развития мелиоративного комплекса России	5	13
05.23.00 Строительство и архитектура		
Ачикасов Р. Р., Грицан В. В. Оптимизация конструктивных параметров МГЭС с ортогональной турбиной и регулирующим бассейном	5	25
Бахтин Б. М., Шарков В. П. Роль грунта-заполнителя как функции присоединенной жесткости при работе бетонных ячеистых конструкций	5	35
Козлов Д. В., Савельев К. Л. Модели формирования гидроледотермического режима водоемов и водотоков	5	18
Кожевникова И. А., Швейкина В. И. Анализ нелинейной и линейной моделей колебаний уровня Каспийского моря	5	45
Кочарян А. Г., Лебедева И. П. Диффузные источники загрязнения на водосборных территориях и оценка их токсического воздействия на водные и почвенные экосистемы	5	40
Ксенофонтова Т. К., Засов С. В. Расчет монолитных прямоугольных резервуаров для воды с учетом образования трещи	5	30
Черных О. Н., Волков В. И., Алтунин В. И. Проблемы и пути решения вопросов обмеления малых водоемов Московского региона	5	51
06.01.00 Агрономия		
Афонина Т. Е., Гребенщиков В. Ю., Пузырева А. Ю., Оширова М. А., Белопухов С. Л. Современное состояние земель, загрязненных нефтью при аварийных разливах, на территории Иркутской области	5	88
Брыль С. В. Адаптация сельского хозяйства к глобальному изменению климата	5	83
Василенков С. В. Технология выщелачивания радионуклида цезия из почвы	5	59
Карпенко Н. П., Мустафаев Ж. С., Ескермесов Ж. Е. Оценка эколого-мелиоративной устойчивости сельскохозяйственных агроландшафтов в низовьях реки Сырдарьи	5	98
Коноплев Е. А., Коноплева Л. Т. Земельные ресурсы Беларуси: их использование и охрана	5	70
Кирейчева Л. В. Основные направления снижения антропогенной нагрузки на водные объекты за счет уменьшения сброса дренажных вод с мелиорируемых территорий	5	64
Пчелкин В. В., Владимиров С. О. Режим орошения моркови на дерново-подзолистых почвах водораздельных территорий Московской области	5	78
Хожанов Н. Н., Избасов Н. Б., Дуйсенбаева С. Т. Оценка устойчивости природной системы Приаралья	5	94
06.03.00 Лесное хозяйство		
Павленко В. Н., Евграфов А. В. Инновационная система оценки вероятности возникновения лесоторфяных пожаров	5	104
Танюкевич В. В., Запривода М. А., Кулик А. К. Экономическая ценность насаждений робинии ложноакациевой (Robinia Pseudoacacia L.) на терриконах Донецкого кряжа	5	108
06.04.00 Рыбное хозяйство		
Власов В. А., Пырсиков А. С. Использование в кормлении рыб биологически активной добавки «Метаболит плюс»	5	112
06.01.02 Мелиорация, рекультивация и охрана земель		
Балакай Г. Т., Юрченко И. Ф., Лентяева Е. А., Ялалова Г. Х. Учет и установление собственника для бесхозяйных мелиоративных объектов – определяющий фактор их эффективного использования	4	8
Бирюков А. Л., Захаров С. Л., Юнусов Х. Б., Алексеенков С. А. Водоподготовка, анализ и рекомендации	1	19
Зверьков М. С. Численные исследования удара капли о твердую поверхность	2	17
Каблуков О. В. Ленд-девелопмент – новый профиль и направление природообустройства	2	24
Каблуков О. В. Системы ленд-девелопмента для технологического сопровождения природообустройства	3	14
Карпенко Н. П., Мустафаев Ж. С., Козыкеева А. Т., Ескермесов Ж. Е. Анализ экологической ситуации и комплексная мелиоративная оценка состояния орошаемых агроландшафтов в низовьях реки Сырдарья	2	8
Карпенко Н. П., Юрченко И. Ф. Теоретическое обоснование структуры классификатора критериев безопасности ГТС мелиоративного водохозяйственного комплекса	1	12

Касьянов А. Е.
Экологически безопасное глубокое мелиоративное рыхление 4 19
Касьянов А. Е., Зверьков М. С.
Влияние полиакриламида на разбрызгивание почвы 3 30
Коротченко И. С.
Деконтаминация почв, загрязненных тяжелыми металлами 4 22
Мустафаев Ж. С., Козыкеева А. Т., Ескермесов Ж. Е.
Оценка техносферного состояния агроландшафтов в низовьях реки Сырдарьи 4 25
Рокочинский А. Н., Турченюк В. А., Приходько Н. В., Заец В. В.
Анализ и оценка общей эффективности функционирования Придунайских рисовых оросительных систем: вчера, сегодня, завтра 4 35
Петелько А. И.
Эффективность ускоренного окультуривания смытых почв 1 16
Пинчук О. Л.
Возможности тепловой мелиорации для обеспечения продовольственной безопасности страны 1 6
Прокопец Р. В., Серебренников Ф. В.
Учет гидрофизических свойств почвы при оценке объема поверхностного стока на орошаемых землях 4 31
Пулатов Я. Э., Курбонов А., Назиров З. А., Бобоев А. К.
Проблемы мелиоративного состояния орошаемых земель в Республике Таджикистан 3 6
Пчелкин В. В., Герасимов В. О.
Водопотребление картофеля на дерново-подзолистых почвах водоразделов Московской области 4 15
Рулев А. С., Пугачева А. М.
От «Ергеня» Георгия Николаевича Высоцкого до «Ергеня» XXI века 1 23
Сатибалов А. В.
Адаптивные сорта плодовых культур фактор снижения экологического давления на окружающую среду 3 26
Семенова К. С.
Экспериментальные исследования эффективности противопожарного шлюзования 3 35
Сметанин В. И., Стрельников А. К.
Лизиметрические исследования водного баланса применительно к свалочным грунтам полигонов твердых бытовых отходов 2 21
Соломин И. А.
Элементы разработки экологически безопасной городской системы переработки твердых бытовых отходов на примере города Сочи 2 13
Шибалова Г. В.
Использование геоинформационных технологий для мониторинга мест складирования отходов 3 22
Шуравилин А. В., Бхандари Б. Б., Сурикова Т. И.
Водный баланс почвы и водопотребление лука в зависимости от уровня увлажнения при капельном орошении в условиях Непала 4 40
Шуравилин А. В., Ибрахим Х. М. М. Н., Сурикова Н. В.
Почвенно-мелиоративные режимы и мероприятия по улучшению свойств и плодородия аллювиальных почв восточной части дельты Нила 3 10

05.23.07 Гидротехническое строительство

Аубакирова Ф. Х.
Гашение избыточной энергии потока в водосбросных сооружениях при различных режимах сопряжения бьефов 1 37
Баранов Е. В., Гурьев А. П., Ханов Н. В.
Применение объемных полимерных георешеток в укреплении откосов подпорных грунтовых гидротехнических сооружений 2 45
Беглярова Э. С., Дмитриева А. В., Соколова С. А.
Исследование заиления подпертых бьефов малых водохранилищ на горно-предгорных реках 1 41
Борткевич В. С., Жерихин А. С.
Технологические возможности повышения сейсмостойкости строящихся высоких каменно-земляных плотин 1 31
Волков В. И., Добровольская Е. В.
Анализ результатов оценки риска аварий гидротехнических сооружений, полученных по различным методикам 2 39
Гурьев А. П., Ханов Н. В., Волгин Н. А.
Влияние конструктивных параметров водобойного колодца на гашение энергии потока 4 48
Жарницкий В. Я.
Мергель как материал для устройства противофильтрационных элементов грунтовых плотин 3 68
Жарницкий В. Я., Силкин А. М.
Этап строительства грунтовых плотин – залог их эксплуатационной безопасности и долговечности ... 4 51
Исмайылов Г. Х., Муращенкова Н. В.
Изменчивость стока реки Волги в первой половине XXI века с учетом возможного изменения климата 4 66
Козлов Д. В.
В планах РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева создание агротехнопарка «Тимирязевский» 3 41
Кловский А. В., Румянцев И. С., Козлов Д. В.
Некоторые пути совершенствования гидравлических условий работы бесплотинных водозаборных гидроузлов с донными циркуляционными порогами 3 45
Матвеенков Ф. В.
Основные особенности продления установленного срока эксплуатации грунтового гидротехнического сооружения III и IV класса 4 44
Михалев М. А.
Физическое моделирование местного размыва русла за водосбросами с помощью мелкодисперсного сыпучего материала 4 57
Розанова Н. Н., Чэнь Янь Фэй
Особенности работы ступенчатой водосливной поверхности водосбросов 1 27
Сазонов А. А., Крыленко И. Н., Головлев П. П.
Оценка эффективности противопаводковых дамб с помощью методов математического моделирования (на примере реки Томь у города Междуреченска) 4 73
Черных О. Н., Алтунин В. И.
Специфика вопросов охраны окружающей среды при строительстве и эксплуатации гофрированных водопропускных труб из металла 2 33
Черных О. Н., Сабитов М. А., Алтунин В. И.
Типизированные приемы экологического восстановления малых рек Москвы (на примере р. Сетунь) ... 3 57
Шарков В. П., Карнаухов В. М.
О величине касательных напряжений в грунте у стен ячеистых конструкций гидротехнических сооружений прямоугольной формы 2 28

Шарков В. П., Карнаухов В. М.
К определению расчетного угла трения заполнителя грунта в ячеистой конструкции 3 64
Шаталова К. Ю.
Принципы распределения водных ресурсов трансграничных водных объектов 4 77
Фартуков В. А., Землянникова М. В.
Стационарные нелинейные колебания нижнего бьефа 3 52
Юрченко С. Г.
Испытание лессовых грунтов в лотке как модели оснований сетевых гидротехнических сооружений ... 4 60

05.23.16 Гидравлика и инженерная гидрология

Анахаев К. Н., Жангоразов К. Г.
Гидрологические и геоморфологические особенности малых водопадов 1 50
Бегляров Д. С., Али М. С.
Исследования переходных процессов в напорных коммуникациях насосных станций с осевыми насосами при пуске агрегатов 3 74
Гайсин А. А., Снежко В. Л.
Совершенствование формы проточной части гидродинамических регуляторов расхода 2 64
Джандаги Н.
Моделирование рядов речного стока рек Ирана 2 59
Дильман Н. А., Мастрюкова А. В., Беднарук С. Е., Чуканов В. В.
Построение номограмм динамического объема с использованием гидродинамического моделирования на примере Угличского водохранилища 2 69
Евграфов А. В., Евграфова И. М.
Гидрологические и гидрохимические наблюдения в составе работ по инженерно-экологическим изысканиям для объектов морских портов 3 86
Исмайылов Г. Х., Гуськов В. Г.
Статистические закономерности пространственно-временной изменчивости стока с частных водосборов рек Московского региона 2 49
Исмайылов Г. Х., Муращенкова Н. В.
Изменчивость стока реки Волги в первой половине XXI века с учетом возможного изменения климата 4 66
Иофин З. К.
Воднобалансовые параметры водосборов рек Северо-запада (на примере рек Вологодской области) 3 82
Карпенко Н. П., Ломакин И. М., Жабин В. Ф.
Основные принципы структурно-генетического и гидрогеологического анализа в задачах природообустройства 3 79
Маркин В. Н.
Статистический анализ и стохастическое моделирование стока наносов 2 54
Пикалова И. Ф., Наумова Т. В.
Гидравлические исследования размываемых грунтовых вставок резервных водосбросов 1 47
Сазонов А. А., Крыленко И. Н., Головлев П. П.
Оценка эффективности противопаводковых дамб с помощью методов математического моделирования (на примере реки Томь у города Междуреченска) 4 73
Смирнова М. А., Перминов А. В.
Оценка бокового притока к гидроузлам Верхневолжской водохозяйственной системы 1 56
Федотова О. А., Муращенкова Н. В.
Изменчивость сезонных элементов водного баланса бассейна Верхней Волги 1 60
Черных О. Н., Алтунин В. И.
Особенности технического мониторинга прудов на территории центра Москвы 1 66
Шаталова К. Ю.
Принципы распределения водных ресурсов трансграничных водных объектов 4 77

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

Апатенко А. С.
Совершенствование системы технической эксплуатации при импортозамещении машин для выполнения мелиоративных работ 2 74
Карапетян М. А., Абдулмажидов Х. А.
Теоретическое исследование динамики рабочего органа каналоочистителя РР-303 ..... 2 78
Мирзаев Б. С., Маматов Ф. М.
Противоэрозионная технология гребнисто-ступенчатой вспашки и плуг для ее осуществления 2 81
Мочунова Н. А.
Влияние частоты колебаний тяговой нагрузки на сопротивление перекатыванию колесного трактора ... 4 85
Мочунова Н. А., Тургиев А. К.
Дифференциальное уравнение движения колесного трактора с переменной нагрузкой 3 91
Островский Н. В.
Инновационные технические средства для экономии водных ресурсов при возделывании риса 2 72
Орлов Б. Н., Карапетян М. А., Новиченко А. И.
Обеспечение пассивной безопасности конструкций кабин машин и оборудования природообустройства ... №2 85
Орлов Б. Н., Новиченко А. И., Орлов Н. Б.
Методология обоснования рационального технологического процесса восстановления работоспособности машин и оборудования 4 88
Сиреканян С. Р.
Плавный поворот гусеничного трактора 4 81

08.00.05 Экономика и управление народным хозяйством

Борисова М. И., Воронцова Р. Ф.
Экологический потенциал предприятия: составляющие, измерители 1 82
Ефимова Л. А.
Центральный федеральный округ России: анализ экономического состояния и приоритетные направления развития 1 86
Ефремов А. Н., Насонов С. Ю.
О методике расчета экономической эффективности планировки рисовых чеков 4 96
Козлов Д. В., Шабанов В. В.
Некоторые аспекты совершенствования инновационного процесса в вузе 2 88
Коперсак А. А., Ковалева Е. В.
Проблемы оценки эколого-экономической эффективности в условиях радиационного загрязнения 3 94
Краснощеков В. Н., Журавский П. П., Ольгаренко Д. Г.
Критерии и методы оценки эффективности инвестиций в обустройство земель 4 91
Краснощеков В. Н., Ольгаренко Д. Г.
Методические подходы к оценке эффективности затрат на эксплуатацию мелиоративных объектов ... 1 78
Краснощеков В. Н., Фоменко Ю. П.
Оценка влияния хозяйственной деятельности на состояние агроландшафтов Волгоградской области 2 93
Марголина Е. В.
Пути совершенствования тарифной политики государства в сфере водоснабжения промышленных и коммунальных предприятий 2 99
Трубникова Ю. И.
Межрегиональное взаимодействие в вопросах обеспечения экологической безопасности на примере Центрального федерального округа 3 99

Перечень требований и условий представления статей для публикации в журнале

Общие требования

К изданию принимается ранее не опубликованное автором произведение – научная статья, практическая или обзорная статья, научная рецензия и отзыв в следующие **рубрики** журнала:

05.23.00 Строительство и архитектура;
06.01.00 Агрономия;
06.03.00 Лесное хозяйство;
06.04.00 Рыбное хозяйство.

Разделы журнала соответствуют **Номенклатуре специальностей научных работников**, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25.02.2009 № 59 (в ред. Приказов Минобрнауки РФ от 11.08.2009 № 294, от 10.01.2012 № 5), и **Паспортам научных специальностей**, разработанных экспертными советами ВАК Минобрнауки России.

В редакцию журнала статья подается в **электронном виде** (файл формата Microsoft Word 97-2003). Текст статьи должен быть предварительно отредактирован автором или редактором, даты, формулы, имена и фамилии ученых, авторов литературных источников – выверены. Объем статьи не должен превышать 10–12 страниц. **Материал в статье следует излагать структурировано:**

- **введение;**
- **материал и методы;**
- **результаты и обсуждение;**
- **выводы (заключение);**
- **библиографический список.**

Журнал «Природообустройство» является **рецензируемым**. Все принятые статьи проходят процедуру обязательного рецензирования. Выбор рецензента осуществляет Редакционный совет. **Порядок рецензирования рукописей статей** размещен в сети Интернет по адресу http://www.timacad.ru/deyatel/izdat/priroda/index.php. Рецензии хранятся в редакции журнала в течение 5 лет.

Правила оформления

1. Статья должна представлять единый файл Microsoft Word 97–2003. Название файла – прописными буквами по фамилии первого автора.

2. Отступ справа, сверху и снизу – 2 см, слева – 2,5 см. Шрифт Times New Roman, по всей статье интервал 1,5 пт, шрифт 14. Нумерация страниц – по нижнему краю посередине, первая страница не нумеруется.

3. Вверху страницы ставят номер универсальной десятичной классификации (**УДК**): выравнивание по левому краю, без абзацного отступа.

4. На следующей строке **инициалы и фамилии авторов**: шрифт полужирный, выравнивание по левому краю, без абзацного отступа.

5. Указывается **официальное название места работы, город, страна**: шрифт обычный, выравнивание по левому краю, без абзацного отступа.

6. **Название статьи** в прописном регистре, полужирный, выравнивание по левому краю, без абзацного отступа.

7. **Аннотация** статьи на русском и английском языках: абзацный отступ 1,0 см; шрифт курсивный; выравнивание по ширине; рекомендуемый объем 200...250 слов (не более 2000 символов); необходимо осветить цель исследования, методы, результаты (желательно с приведением количественных данных), четко сформулировать выводы; не допускаются разбиение на абзацы и использование вводных слов и оборотов.

8. **Ключевые слова** на русском и английском языках: абзацный отступ 1,0 см; шрифт курсивный; выравнивание по ширине; рекомендуемый объем от 5 до 10 слов или словосочетаний.

9. **Автоматизированный перевод с помощью программных систем запрещается**.

10. Основной текст статьи должен быть набран шрифтом обычного начертания, абзацный отступ 1,0 см, интервал: перед и после – 0 см.

11. Буквы латинского алфавита – курсивного начертания, буквы греческого и русского алфавитов, индексы и показатели степени, математические символы lim, lg, ln, sin, cos, min, max и др., числа подобия – прямого начертания.

12. Обратить внимание на различие знаков: дефис «-», минус «–» и тире «–». Диапазон любых значений (...), кроме

периода лет (тире).

13. **Набор формул**. Использовать редактор формул Math Type 5.x либо Equation 3.0, шрифт Times New Roman, размер 11 пт, выравнивание по левому краю без абзацного отступа. Для удобства при верстке длина формулы не должна превышать 8 см. Нумеровать только те формулы, на которые есть ссылки в тексте. **Суммарное число формул – не более 10.** Экспликация к формулам набирается шрифтом Times New Roman, размер 14 пт, без абзацного отступа, выравнивание по ширине страницы.

14. **Таблицы и рисунки** помещать за первой ссылкой на них в тексте, после абзаца. Выравнивание таблиц и рисунков по центру. Все таблицы и рисунки должны иметь ссылки с указанием номера (если рисунок и таблица единственные, то номер не указывается).

15. Толщина основных линий в таблицах – 0,25 пт. **Число таблиц** – не более 2. Номер таблицы: шрифт 11 пт, обычный, выравнивание по правому краю, без абзацного отступа. Название таблицы: шрифт 11 пт, полужирный, выравнивание по центру, без абзацного отступа.

16. **Рисунки** выполнять на компьютере в виде отдельного файла: в растровых форматах TIFF, JPG; в векторных форматах CDR, DWG, EPS. Выполнение рисунка средствами Microsoft Word не допускается. Ширина рисунка – не более 8 см, обозначения на рисунке делать шрифтом Times New Roman (9 пт). Рисунки с большим количеством деталей (сложные схемы, графики) размещать на всю ширину страницы (16,5 см). Фотографии выполнять с разрешением не менее 600 dpi. Допускается выполнение графиков и диаграмм в Microsoft Word 97–2003 и StatSoft Statistica 6.0 (и выше). Общее число рисунков (включая буквенное обозначение ее части) – не более 4. Текст подрисуночной подписи набирается шрифтом 14 пт, начертание полужирное, 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, междустрочный 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 «Природообустройство» (ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева) прав на издание и распространение статьи без ограничения срока, района распространения журнала и без выплаты вознаграждения.

Для авторов из сторонних организаций обязательно наличие квитанции об оплате годовой подписки на журнал (индекс в каталоге ОАО Агентства «Роспечать» – 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

1' 2016

Редактор, корректор – *М. С. Зверьков*

Ответственный за выпуск – *Н. Я. Филатова*

Переводчик – *Н. М. Логачева*

Верстальщик, художник – *М. С. Зверьков*

Подписано в печать 31.03.16
Формат 60×84/8
Шрифт SchoolBook
Усл.-печ. л. 14,32
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