ISSN 1997-6011

ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО

Научно-практический журнал

PRIRODOOBUSTROJSTVO

Theoretical-practical journal

4’ 2016

Москва, Издательство РГАУ-МСХА

Moscow, Publishing house
of Russian Timiryazev State Agrarian University

УДК 502/504
ББК 20.1
П 77

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

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

ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО

Научно-практический журнал **4' 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

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 Объединенном каталоге «Пресса России» – 80746

УДК 502/504
ББК 20.1

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

UDC 502/504
BBC 20.1
P 77

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

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

PRIRODOOBUSTROJSTVO

Theoretical-practical journal **4' 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

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

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

The authors of are responsible for validity of the information.

ISSN 1997-6011

Editorial council:

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

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

I.P. Aidarov, academician of the Russian Science Academy, honored irrigator of RF
V.A. Evgraphov, doctor of technical sciences, professor
V.YA. Zhartnitsky, doctor of technical sciences
I.Yu. 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 «Pressa Rossii» – 80746

UDC 502/504
BBC 20.1

© Russian Timiryazev State Agrarian University, 2016

Содержание

05.23.00 Строительство и архитектура

А.В. Бурлаченко
Повышение надежности инновационных конструкций водопропускных труб 6

А.Е. Касьянов
Расчет дренажа линейных гидротехнических сооружений 12

Д.Т. Баутдинов, У.И. Атабиев
Напряженное состояние трансверсально-изотропного скального грунта вблизи напорного гидротехнического туннеля прямоугольной формы сечения 16

М.С. Палиивец
К вопросу экспериментального определения гидравлического коэффициента трения в напорных водоводах квадратного сечения 20

И.М. Савков, С.Л. Захаров
Метод подготовки воды при помощи ультра- и микрофильтрации 26

Д.Н. Ионов, И.И. Грицук
Исследование транспорта наносов как результата деформации берегового склона, включающего в себя мерзлый грунт, на лабораторной модели 32

И.И. Батчаев, Л.Б. Чигирова, М.Т. Анаев
Селевой поток в Безенгийском ущелье 38

06.01.00 Агрономия

К 50-летию масштабной программы «О широком развитии мелиорации земель» 42

Н.Г. Ковалев, В.Г. Полозова, Л.В. Пушкина
Научное обеспечение адаптивной интенсификации сельскохозяйственного использования мелиорированных земель в нечерноземной зоне России 44

В.Н. Краснощеков, Д.Г. Ольгаренко
Модернизация мелиоративных систем как главный фактор обеспечения продовольственной и экологической безопасности страны 51

Кипшакбаев Нариман
Развитие водного хозяйства и мелиорации земель в республике Казахстан за период 1966–1985 гг. (к 50-летию Государственной программы по развитию водного хозяйства и мелиорации земель в СССР) 58

А.И. Голованов, С.А. Максимов
Применение теории биогеохимических барьеров при мелиорации и рекультивации земель 68

В.И. Желязко, Т.Д. Лагун, А.П. Лихацевич
Развитие сельскохозяйственной гидромелиорации в Беларуси (образование, наука, практика) 75

С.О. Лавренко, М.В. Максимов
Влияние технологических приемов выращивания чечевицы на фотосинтетическую деятельность в различных условиях увлажнения 80

С.А. Васильев
Особенности применения противоэрозионных мелиоративных мероприятий на различных по форме склоновых агроландшафтах 86

В.В. Алексеев
Исследование профилей увлажнения почвы с уплотненным слоем при дождевании и поверхностном поливе 92

Г.С. Ерицян, В.А. Евграфов
Графическое определение потребной эффективности вспомогательных тормозных систем автотракторных транспортных средств 96

06.03.00 Лесное хозяйство

Т.Г. Цуканова, Е.В. Пономарева, О.М. Субботина
Совершенствование организации взаимодействия учреждений и органов уголовно-исполнительной системы с региональными органами власти в процессе лесовосстановления 100

И.В. Шевелина, Д.В. Метелев, З.Я. Нагимов
Ретроспективный анализ рекреационного потенциала насаждений лесопарков города Екатеринбурга 104

06.04.00 Рыбное хозяйство

А.В. Жигин, Д.В. Дементьев
Очистка морской воды водорослями при содержании рыб в циркуляционной установке 110

Contents

05.23.00 Building and architecture

A.V. Burlachenco
Reliability enhancement of innovation structures of water culvert pipes 6

A.E. Kasianov
Calculation of drainage of linear hydraulic engineering structures 12

D.T. Bautdinov, U.I. Atabiev
Stress state of the transversely isotropic rocks near a pressure hydro-technical tunnel of a rectangular cross section form 16

M.S. Paliivets
On the question of experimental determination of hydraulic coefficient of friction in pressure conduits of square section 20

I.M. Savkov, S.L. Zakharov
New method of water preparation using ultra- and microfiltration 26

D.N. Ionov, I.I. Gritsuk
Investigation of sediments transport as a result of shore slope deformation including permafrost on the laboratory model 32

I.I. Batchaev, L.B. Chigirova, M.T. Anaev
Mud flow in Bezengijsky gorge 38

06.01.00 Agronomy

To the 50th anniversary of wide-scale programme «The development of land melioration» 42

N.G. Kovalev, V.G. Polozova, L.V. Pushkina
Scientific provision of adaptive intensification of agricultural use of reclaimed lands in the non-chernozem zone of Russia 44

V.N. Krasnoshchekov, D.G. Olgarenko
Modernization of land reclamation systems as the main factor of providing food and ecological security of the country 51

Kipshakbaev Nariman
Development of the water economy and land reclamation in the Republic of Kazakhstan. For the 50th anniversary of the State program on development of the water economy and land reclamation in the USSR 58

A.I. Golovanov, S.A. Maksimov
Application of the theory of biogeochemical barriers under land reclamation and recultivation 68

V.I. Zhelyazko, T.D. Lagun, A.P. Likhatsevich
Development of agricultural reclamation in Belorussia (education, science, practice) 75

S.O. Lavrenko, M.V. Maximov
The influence of technological methods of lentil growing on the photosynthetic activity under different conditions of moistening 80

S.A. Vasiljev
Peculiarities of usage of anti-erosion reclamation measures on sloping agricultural landscapes different in form 86

V.V. Alexeev
Investigation of profiles of soils moistening with a compacted layer under overhead and surface irrigation 92

G.S. Yeritsyan, V.A. Evgraphov
Graphical determination of required efficiency of auxiliary braking systems of motor-tractor transport means 96

06.03.00 Forestry

T.G. Tsukanova, E.V. Ponomareva, O.M. Subbotina
Improvement of arrangement of interaction between penitentiary institutions and regional authorities in the process of reforestation 100

I.V. Shevelina, D.V. Metelev, Z.Ia. Nagimov
Retrospective analysis of the recreation potential of plantations in the woodland parks of Yekaterinburg 104

06.04.00 Fishery

A.V. Zhigin, D.V. Dementyev
Aigae cleaning of seawater while keeping fish in the circulation system 110

УДК 502/504:621.644:532.54

А.В. БУРЛАЧЕНКО
САО Mercedes-Benz, г. Москва

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ

Рассматриваются результаты экспериментальных исследований металлических гофрированных водопропускных труб с повышенной абразивной устойчивостью. Для защиты металлических труб из гофрированных структур от коррозионного разрушения и обеспечения нормативной долговечности на внутреннюю и внешнюю поверхность в заводских условиях обычно наносится цинковое и иногда полимерное покрытие. Однако опыт эксплуатации показывает, что в условиях повышенной агрессивности пропускаемого потока этого недостаточно для безопасной и надёжной работы водопропускного сооружения. Нормами проектирования указана необходимость установки в придонной области таких труб лотка, что не всегда выполняется при их строительстве и проектировании. Выявлены основные факторы, позволяющие определить глубину и скорость водного потока на выходе из трубчатого сооружения, выполненного из гофрированного металла. Установлено, что наличие защитного бетонного лотка приводит к уменьшению относительной глубины на выходе из таких труб и увеличению скорости в выходном сечении по сравнению с существующими рекомендациями, разработанными для гофрированных труб без защитного бетонного лотка по дну. Значения действительных глубин на выходе из гофрированной трубы с защитным лотком по дну заметно меньше глубин, рассчитанных по существующим нормативным рекомендациям. Отмечается, что отсутствие лотка в подобных инновационных трубчатых переходах на транспортных магистралях любой категории недопустимо и ведёт к резкому снижению надёжности работы и долговечности трубчатых водопропускных сооружений из металлических гофрированных элементов.

Металлические гофрированные водопропускные трубы, абразивная устойчивость, экспериментальные исследования, безнапорный и полунапорный режимы работы, гладкий лоток, коэффициент шероховатости.

Введение. В настоящее время при строительстве новых искусственных водопропускных сооружений и реконструкции старых широко используются металлические гофрированные трубы (МГТ) [1–3]. Связано это с такими преимуществами труб из металлических гофрированных конструкций (МГК) в сравнении с бетонными трубами, как легкость, транспортабельность, быстрота сборки и строительства водопропускного сооружения, ускорение реализации всего объекта в целом, ограничение затрат на строительство, сейсмическая устойчивость, отсутствие фундамента и др. В последние годы в РФ налажено производство и применение спиральновитых металлических гофрированных труб (СМГТ), которые изготавливаются секциями любой длины от 1 м до 13,5 м, соединяемых с помощью бандажей (рис. 1). СМГТ имеют дополнительные преимущества в сравнении с бетонными трубами, поскольку из них не происходит утечки воды, а сборка водопропускной трубы из двух секций длиной до 27 м занимает 1,5…2 ч. Наибольшее распространение трубы из МГК находят в удаленных районах с экстремальными климатическими условиями. В нашей стране это регионы Сибири и Дальнего Востока, а в США – Аляска, где за пятилетний период, с 2008…2012 гг., было построено 75% гофрированных труб и 25% пластиковых труб, а бетонные трубы не применялись [3].

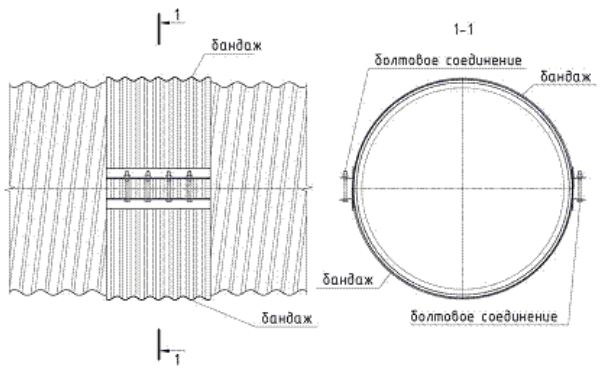

Рис. 1. **Конструкция бандажного соединения секций спиральновитых труб SPIREL для гофра 125×25 мм**

Материалы и методы исследований. Для защиты МГТ от коррозионного разрушения и обеспечения нормативной долговечности (50…100 лет) на внутреннюю и внешнюю поверхность гофрированного металла в заводских условиях наносится цинковое покрытие. Такое защитное покрытие обеспечивает только минимальный срок безаварийной эксплуатации (~ 50 лет) и при условии расположения МГТ в неагрессивной грунтовой среде и нейтральном или слабощелочном характере водного потока (pH ≥ 7,3). Если же грунт обратной засыпки имеет повышенную кислотность (pH < 5), пониженное электрическое сопротивление (R < 1500) и транспортируется водный поток повышенной кислотности, содержащий сульфаты и хлориды, а также оказывающий повышенное абразивное воздействие на внутреннюю поверхность гофрированной трубы, то долговечность труб из МГК существенно снижается и может составлять меньше 10 лет [1]. Для повышения долговечности МГТ на её внешнюю и внутреннюю поверхности следует нанести дополнительное защитное покрытие. На внешнюю поверхность труб обычно наносится полимерное покрытие из высокопрочного полиэтилена высокого давления HDPE толщиной 250 мкм (рис. 2).

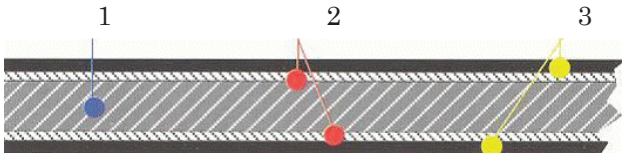

Рис. 2. **Схема защитного полимерного покрытия МГТ от коррозии для профиля гофры 125×25 мм, 68×13 мм:**
1 – стенка из стали толщиной от 1,5 до 3,5 мм; 2 – цинк 80 μm; 3 – дополнительное полимерное покрытие (HDPE) 250 μm

При пониженном и среднем уровне абразивного воздействия водного потока (1–3 уровни) HDPE обеспечивает надежную дополнительную защиту в течение 70 лет и внутренней поверхности гофрированной трубы (по принятой за рубежом 4-уровневой классификации абразивного воздействия водного потока).

Многолетние зарубежные экспериментальные исследования, продолжающиеся в настоящее время, показывают, что при повышенном абразивном воздействии водного потока (4-й уровень) только применение дополнительного защитного покрытия в виде бетонного лотка толщиной не менее 7,5 см (3 дюйма), покрывающего не менее 25% внутреннего периметра круглой гофрированной трубы (40% периметра полицентрической трубы), позволяет обеспечить увеличение долговечности на 50 лет (рис. 3) [3].

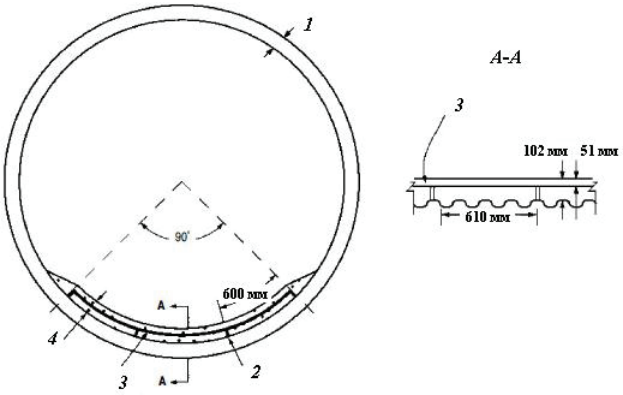

Рис. 3. **Поперечное сечение круглой МГТ с бетонным лотком по дну (США):**
1 – высота гофра листа 13,25 дюйма или 51 мм; 2 – металлические штыри, приваренные к гофрированному листу; 3 – сварная решетка, приваренная к металлическим штырям; 4 – гладкий бетонный лоток толщиной 100 мм

Согласно существующим в нашей стране нормативным рекомендациям [4] водопропускная труба из гофрированного металла должна обязательно иметь гладкий защитный бетонный лоток толщиной не менее 10 см, занимающий нижний сегмент с углом не менее 90 °. Данное нормативное требование обычно выполняется (рис. 4), но только при использовании МГТ с нормальным гофром, у которого волна гофрированного листа направлена по его диаметру.

Рис. 4. **Установленные с отступлением от норм бетонные лотки в трубчатых водопропускных переходах из МГК:** а – «ViaCon Ukraine», 2010 г.; б – ООО «Инженерно-экологическая защита», 2006 г. [3]

В качестве дополнительного защитного покрытия для спиральновитых гофрированных труб в настоящее время в РФ используется только HDPE, которое при 4-м повышенном уровне абразивного воздействия водного потока не обеспечивает надежную защиту гофрированной поверхности от разрушения (рис. 5) [3].

Рис. 5. **Примеры коррозии незащищённой поверхности МГТ, ускоренной истиранием, Caltrans, США, 2013 г.** [3]

Гофрированная труба с защитным бетонным лотком по дну с точки зрения гидравлики занимает промежуточное положение между гладкой и гофрированной трубами. При малых наполнениях водный поток находится внутри лотка, и её можно считать гладкой. С увеличением расхода поток выходит за пределы лотка на гофрированную поверхность, и часть смоченного периметра имеет повышенную шероховатость. При этом с увеличением наполнения трубы доля смоченного периметра с гофрированной поверхностью возрастает, и поэтому коэффициент шероховатости увеличивается. Это сказывается на сопротивлении, испытываемом водным потоком, и наполнении трубы.

В настоящее время в нашей стране в качестве расчетного гидравлического режима, на который рассчитывается гофрированная труба при пропуске расчетного расхода, принимается безнапорный режим. При этом ограничивается максимальное заполнение трубы, которое наблюдается на входе [2–4]. В настоящее время ни в нашей стране, ни за рубежом нет методики гидравлического расчета водопропускных труб из гофрированного металла с гладким защитным бетонным лотком по дну. Поэтому в МАДИ проводятся исследования металлических гофрированных труб с нормальной и спиральной формами гофра, имеющими гладкий защитный лоток по дну, в ходе которых изучаются условия их гидравлической работы (подробное описание исследуемых моделей приводится в литературе [1, 2]).

Результаты исследований. Одним из основных параметров, устанавливаемых

в результате выполнения гидравлического расчета водопропускной трубы при безнапорном движении водного потока в ней, является глубина на её выходе ($h_{вых}$). По величине $h_{вых}$ рассчитывается скорость на выходе, устанавливаются вид и размеры крепления. Глубина в выходном отверстии зависит от величины пропускаемого расхода, уклона трубы, её шероховатости, а при коротких трубах – и от входных условий [1, 2, 5]. При уклоне трубы, меньшем критического уклона ($i_т < i_к$), глубины на выходе определяются в долях от критической глубины ($h_{вых}/h_к = K_1$), а при $i_т > i_к$ глубина на выходе может устанавливаться как в долях от нормальной глубины ($h_{вых}/h_0 = K_2$), так и от критической глубины (по K_1) [5].

Определять глубину на выходе из гофрированной трубы с защитным лотком по дну по коэффициенту K_2 сложно ввиду необходимости знать, каким образом коэффициент шероховатости зависит от наполнения трубы и от её уклона. Более удобно при любом уклоне водопропускной трубы устанавливать глубину на её выходе по коэффициенту K_1. Выполненные исследования позволили получить значения коэффициентов K_1 для МГТ без входного оголовка с нормальной формой гофра и защитным лотком по дну, а также для СМГТ без входного оголовка с защитным лотком по дну и без него. По результатам выполняемых исследований установлено, что K_1 зависит от вида гофра, наличия гладкого лотка, уклона трубы и безразмерного параметра расхода $\theta = Q \Big/ \sqrt{g} d_D^{5/2}$. Для оценки влияния всех этих факторов на относительную глубину на выходе из гофрированной трубы $h_{вых}/d$ были выполнены расчеты коэффициентов K_1 для исследованных моделей при параметре расхода $q = 0{,}3$, соответствующем работе трубы без оголовка в безнапорном режиме с максимально допустимой в нашей стране степенью заполнения её входного сечения ($h_{вх}/d = 0{,}75$). Полученные коэффициенты K_1 пересчитаны на относительные глубины $h_{вых}/d$. Расчеты выполнены для исследованных уклонов гофрированных труб. Результаты расчетов приведены в таблице, в которой также указаны относительные глубины, рассчитанные по зависимости, рекомендуемой нормами, для установления глубин на выходе из МГТ как с защитным лотком по дну, так и без него, и полученной ЦНИИС по результатам экспериментальных исследований МГТ с нормальным гофром без защитного лотка по дну [4, 6, 7].

Таблица

Значения относительных глубин на выходе из МГК при различных уклонах труб

Рекомендации	$h_{вых}/d$ при различных уклонах трубы $i_т$		
	$i_т = 0{,}01$	$i_т = 0{,}03$	$i_т = 0{,}05$
МГТ с защитным лотком по дну	0,369	0,307	0,254
ЦНИИС для МГТ с защитным лотком по дну и без него	0,416	0,371	0,354
СМГТ без защитного лотка по дну	0,38	0,349	0,341
СМГТ с защитным лотком по дну	0,375	0,314	0,278

Приведенные в таблице результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Относительная глубина на выходе из гофрированной трубы зависит от уклона трубы и с его увеличением $h_{вых}/d$ уменьшается.

2. Наличие защитного лотка по дну приводит к уменьшению относительной глубины на выходе из гофрированной трубы при $i_т = 0{,}03$ и $i_т = 0{,}05$.

3. При $i_т = 0{,}01$ относительная глубина на выходе не зависит от наличия защитного лотка по дну и практически одинакова для нормального и спирального гофра.

4. Распространение рекомендации ЦНИИС, полученной при исследовании МГТ без защитного лотка по дну, на МГТ с защитным лотком по дну приводит к завышению $h_{вых}/d$ и занижает скорости на выходе.

5. Относительные глубины на выходе из МГТ и СМГТ с защитным лотком по дну при всех уклонах достаточно близки, но все же на выходе из СМГТ величина $h_{вых}/d$ несколько выше, в особенности при уклоне $i_т = 0{,}05$.

6. Увеличение уклона гофрированной трубы с защитным лотком по дну приводит к более существенному уменьшению значений $h_{вых}/d$, чем гофрированной трубы без защитного лотка по дну.

Анализ сформулированных выводов свидетельствует о том, что действительные

глубины на выходе из гофрированной трубы с защитным лотком по дну заметно меньше глубин, рассчитанных по существующим нормативным рекомендациям, разработанным ЦНИИС на основе проведенных в 1976 г. экспериментальных гидравлических исследований [6, 7]. При уклоне трубы $i_т$ = 0,05 расхождение является максимальным и составляет 39,4%. Поэтому действительные скорости на выходе из гофрированной трубы с защитным лотком по дну оказываются существенно выше тех, которые получаются в результате расчета по существующим методическим рекомендациям. Расчеты показывают, что при $i_т$ = 0,05 это увеличение составляет 58%. Таким образом, в реальных условиях размывающая способность потока на выходе из МГТ с защитным бетонным лотком по дну получается выше, следовательно, подобранная по заниженным скоростям конструкция водобоя, рисбермы и концевого устройства может не обеспечить защиту от размыва в нижнем бьефе и отводящем канале за сооружением.

Выводы

По результатам исследований водопропускных труб из гофрированного металла можно сделать следующие выводы:

1. Использование конструкции спиральновитых металлических труб в качестве водопропускных сооружений на водных объектах без полимерного покрытия и устройства гладкого лотка по дну представляется нерациональным, как с точки зрения надёжности работы, так и условий пропуска расхода водотока.

2. Для обеспечения нормативной долговечности (не менее 50 лет) инновационных конструкций круглых водопропускных труб из гофрированного металла с нормальным и спиральным гофром, работающих в условиях повышенной агрессивности внешней среды, при 4-м повышенном уровне абразивного воздействия водного потока, внутри трубы по её дну обязательно должен укладываться защитный бетонный лоток толщиной не менее 7,5 см и занимающий сегмент с центральным углом не менее 90°.

3. Наличие защитного бетонного лотка приводит к уменьшению относительной глубины на выходе из трубы и увеличению скорости на выходе по сравнению с существующими рекомендациями, разработанными для гофрированных труб без защитного бетонного лотка по дну (максимальное увеличение скорости достигает 58% при $i_т$ = 0,05).

4. Для установления относительных глубин на выходе ($h_{вых}/d$) из МГТ и СМГТ без входного оголовка со срезом перпендикулярным оси трубы с защитным бетонным лотком по дну при безнапорном режиме работы с максимально допустимой степенью заполнения трубы на входе ($h_{вх}/d$ = 0,75) следует использовать данные, приведенные в таблице, полученные в ходе современных экспериментальных гидравлических исследований.

Библиографический список

1. Алтунин В.И. Долговечность дорожных водопропускных труб из гофрированного металла / В.И. Алтунин, О.Н. Черных, А.В. Бурлаченко // Дороги и мосты. – 2016. – Вып. 34/1. – С. 234–247.

2. Алтунин В.И., Черных О.Н., Федотов М.В. Водопропускные трубы в транспортном строительстве. Гидравлическая работа труб из металлических гофрированных структур. – М.: МАДИ, 2012. – 269 с.

3. Алтунин В.И., Черных О.Н., Федотов М.В. Водопропускные сооружения транспортных магистралей из металлических гофрированных структур. – М.: МАДИ, 2016. – 304 с.

4. ОДМ 218.2.001–2009 «Рекомендации по проектированию и строительству водопропускных сооружений из металлических гофрированных структур на автомобильных дорогах общего пользования с учетом региональных условий (Дорожно-климатических зон)». – М.: ФДА (РОСАВТОДОР), 2009. – 200 с.

5. Алтунин В.И., Черных О.Н. Гидравлические условия работы нижних бьефов гофрированных водопропускных труб // Природообустройство. – 2013. – № 5. – С. 40–43.

6. Алтунин В.И., Черных О.Н., Бурлаченко А.В. Экспериментальные исследования металлической гофрированной водопропускной трубы при частично-напорном режиме // Приволжский журнал. – 2015. – № 1. – С. 28–36.

7. Алтунин В.И., Черных О.Н., Бурлаченко А.В. Повышение эффективности гидравлической работы дорожных водопропускных труб /// Природообустройство. – 2016. – № 2. – С. 42–46.

Материал поступил в редакцию 22.05.2016.

Сведения об авторе

Бурлаченко Алена Владимировна, специалист САО Mercedes-Benz; 125167 Москва, Ленинградский пр-т, 39; тел.: 8(499)6180514; e-mail: a.burlachenco@dimler.com.

A.V. BURLACHENCO
SAO Mercedes-Benz, Moscow

RELIABILITY ENHANCEMENT OF INNOVATION STRUCTURES OF WATER CULVERT PIPES

There are considered the results of experimental researches of corrugated metal culvert with a high abrasion resistance. To protect metal pipes of corrugated structures from corrosion damage and ensure normative durability, at the factory shop zinc and sometimes polymer coating are applied on the internal and external surfaces. However, the operating experience has shown that under the conditions of high aggressiveness of the passing flow it is not enough for a safe and reliable operation of the culvert. Design standards specify the necessity of installation of a tray in the bottom area of such pipes which is not always fulfilled in their construction and design. There are found basic factors that determine the depth and speed of the water flow at the outlet of the tubular structures made of corrugated metal. It is established that the availability of the protective concrete tray leads to decreasing of the relative depth on the outlet of such pipes and increasing the speed in the outlet cross-section in comparison with the existing recommendations developed for corrugated pipes without protective concrete tray along the bottom. The values of actual depths on the outlet of the corrugated pipe with a protective tray on the bottom are evidently less than the depths designed according to the existing standard recommendations. It is noted that the absence of a tray in similar innovation tubular crossings on the transport main lines of any category is not permitted and leads to a sharp worsening of the operational reliability and durability of tubular water culvert structures of metal corrugated elements.

Metal corrugated water culvert pipes, abrasive resistance, experimental researches, non-pressure and semi-pressure regimes of operation, smooth tray, coefficient of roughness.

References

1. Altunin V.I. Dolgovechnostj dorozhnyh vodopropusknyh trub iz gofrirovannogo metalla / V.I. Altunin, O.N. Chernykh, A.V. Burlachenco // Dorogi I mosty. – 2016. – Vyp. 34/1. – S. 234–247.

2. Altunin V.I., Chernykh O.N., Fedotov M.V. Vodopropusknye truby v transportnom stroiteljstve. Gidravlicheskaya rabota trub iz metallicheskih gofrirovannyh struktur. – M.: MADI, 2012. – 269 s.

3. Altunin V.I., Chernykh O.N., Fedotov M.V. Vodopropusknye sooruzheniya transportnyh magistralej iz metallicheskih gofrirovannyh struktur. – M.: MADI, 2016. – 304 s.

4. ODM 218.2.001–2009 «Recomendatsii po proektirovaniyu i stroiteljstvu vodopropusknyh sooruzhenij iz metallicheskih gofrirovannyh struktur na avtomobiljnyh dorogah obshchego poljzovaniya s uchetom regionaljnyh uslovij (Dorozhno-klimaticheskih zon». – M.: FDA (ROSAVTODOR), 2009. – 200 s.

5. Altunin V.I., Chernykh O.N. Gidravlicheskiye usloviya raboty nizhnih bjefov gofrirovannyh vodopropusknyh trub // Prirodoobustrojstvo. – 2013. – № 5. – S. 40–43.

6. Altunin V.I., Chernykh O.N., Burlachenko A.V. Experimentaljnye issledovaniya metallicheskoj gofrirovannoj vodopropusknoj truby pri chastichno-napornom rezhime//Privolzhskij zhurnal.–2015.–№ 1.–S. 28–36.

7. Altunin V.I., Chernykh O.N., Burlachenko A.V. Povyshenie effectivnosti gidravlicheskoj raboty dorozhnyh vodopropusknyh trub // Prirodoobustrojstvo. – 2016. – № 2. – P. 42–46.

The material was received at the editorial office 22.05.2016.

Information about the author

Burlachenco Alena Vladimirovna, specialist SAO Mercedes-Benz; 125167, Moscow, Leningradsky pr-t, 39; tel.: 8(499)618054; e-mail: a burlachenco@dimler.com.

УДК 502/504:627.82

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

РАСЧЕТ ДРЕНАЖА ЛИНЕЙНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Методами гидромеханики решена задача плоской фильтрации к дренажу основания линейного гидротехнического сооружения. Основание гидросооружения отображает в области фильтрации полукруглое включение, проницаемость которого отличается от проницаемости осушаемого грунта. Дрену отображает точечный сток, мощность которого равна удельному дренажному расходу. Использованы методы аналитического продолжения и теорема об окружности. Получены зависимости параметров дренажа и основания сооружения характеристических функций фильтрационного течения в осушаемом грунте и основании. В аналитическом виде представлены зависимости скоростей фильтрации, градиентов фильтрационного потока во всех точках области фильтрации. Дана формула расчета удельного дренажного расхода. Наибольшее влияние на расход дрены и параметры фильтрационного течения оказывает соотношение проницаемостей осушаемого грунта и основания сооружения. Влияние размеров основания и дренажа на параметры фильтрационного потока проявляется при минимальном расстоянии между ними.

Гидромеханический расчет фильтрации, дренаж, основание линейного гидротехнического сооружения, характеристическая функция фильтрационного течения, теорема об окружности, аналитическое продолжение функции, удельный дренажный расход, скорости фильтрации, градиент фильтрационного потока.

Введение. Важным элементом комплекса водохозяйственного объекта с линейным гидротехническим сооружением является дренаж. Дренаж защищает от воздействия грунтовых вод основания дамб обвалования, водопроводящих тоннелей, дорог, каналов. При расчете параметров дренажа, дренажных фильтров необходимы все параметры фильтрационного потока во всей области фильтрации: скорости фильтрации, расход дрены, градиенты фильтрационного потока. Гидромеханический метод расчета позволяет найти указанные величины. Решена плоская задача фильтрации к дрене в однородном грунте, содержащем включение, проницаемость которого отличается от проницаемости грунта. Включение отображает основание линейного гидротехнического сооружения.

Материалы и методы исследований. Вдоль основания линейного сооружения на глубине t и расстоянии Sot его оси заложена дрена радиусом $r_д$. Сечение основания сооружения представлено полуокружностью радиуса R, где 2R – ширина основания, R – глубина основания. Коэффициенты фильтрации осушаемого однородного грунта – $К_1$, и основания, которые рассматриваются включением в однородный грунт, – $К_2$. На поверхности грунта есть слой воды H. Геометрию сечения основания гидротехнического сооружения более точно отображает половина эллипса. Расчет для этого случая включает конформное преобразование эллипса на плоскости zв окружности риманновой поверхностина плоскости z_1. Аналитические зависимости параметров фильтрационного потока от параметров дренажа и основания сооружения содержат бесконечные ряды и цепные дроби. Ход расчетов аналогичен представленному ниже.

Для определения параметров характеристической функции фильтрационного течения в плоскости z$f(z)=\varphi+i\psi$, где φ – потенциал скорости течения; ψ – функция тока; i – мнимая единица, воспользуемся теоремой об окружности и методом аналитического продолжения [1, 2]. Назовем область фильтрации вне включения $|z|>R$ зоной 1, а внутри включения $|z|<R$ – зоной 2. Обозначим параметры течения, относящиеся к указанным зонам, соответствующими индексами 1 и 2. В точке $\overline{z_0}$ разместим точечный сток мощностью q (рис. 1). Величина стока равна расходу дрены на единицу ее длины.

Поверхность грунта является эквипотенциалью $j = -K_1H$, поэтому выполним аналитическое продолжение характеристической функции течения в верхнюю полуплоскость плоскости z, которое заключается в симметричном продолжении зон 1 и 2 в верхнюю полупло-

скость и размещении в точке z_0 точечного стока с мощностью q. В результате в плоскости z мы получаем бесконечный слой грунта проницаемости K_1, содержащий круговое включение радиуса R, заполненное грунтом проницаемости K_2. В слое наблюдается течение под действием точечных источника и стока мощности q, которые размещаются в точках z_0 и $\bar{z}_0$ (рис. 2) [3].

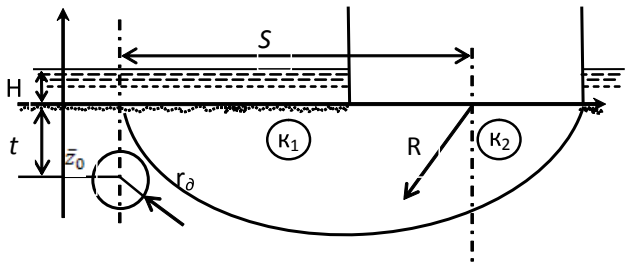

Рис. 1. **Схема для расчета фильтрации к дрене и при наличии основания линейного гидротехнического сооружения**

Комплексные потенциалы скоростей течения в зонах 1 и 2 соответственно будут иметь вид:

$$\omega_1(z) = \frac{q}{2\pi}(\ln\frac{z-z_0}{z-\bar{z}_0} + \lambda \ \ln\frac{z-\bar{z}_{01}}{z-z_{01}}) + C_1, \qquad (1)$$

$$\omega_2(z) = \frac{q}{2\pi}(1-\lambda)\ln\frac{z-z_0}{z-\bar{z}_0} + C_2, \qquad (2)$$

$$\bar{z}_{01} = s + \frac{R^2}{\bar{z}_0 - s}; \ z_{01} = s + \frac{R^2}{z_0 - s}; \ \lambda = \frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2}.$$

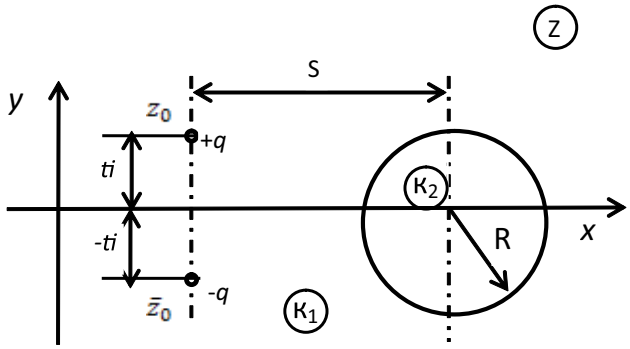

Рис. 2. **Схема для расчета фильтрации к дрене в бесконечном слое грунта при наличии кругового включения**

Найдем потенциал скорости течения в зоне 1, выделив действительную часть (1):

$$\varphi_1(x,y) = \frac{q}{2\pi}(\ln\sqrt{\frac{(x-x_0)^2+(y-t)^2}{(x-x_0)^2+(y+t)^2}} + \lambda\ln\sqrt{\frac{A^2+\bar{B}^2}{A^2+B^2}}) + C_3 \qquad (3)$$

где

$$A = (x - s - \frac{R^2(x_0-s)}{(x_0-s)^2+t^2}); \ \bar{B} = (y - \frac{R^2 t}{(x_0-s)^2+t^2});$$

$$B = (y + \frac{R^2 t}{(x_0-s)^2+t^2}).$$

Как у С.Ф. Аверьянова [1], П.Я. Полубариновой-Кочиной [2], за контур дрены принимаем эквипотенциаль j_1=-K_1 (-t + $r_д$), проходящую через точку с координатами X = X_0, y = -t + $r_д$. Положим C_3=- K_1 H, чтобы при y = 0 выполнялось очевидное условие j (x = 0) = -K_1 H. Подставим в (3) заданные условия и, пренебрегая $r_д$ по сравнению с другими величинами, найдем:

$$q = \frac{2\pi K_1(H + t - r_д)}{\ln(\frac{2t}{r_д}) + \lambda\ln\sqrt{\frac{A_0^2+\bar{B}_0^2}{A_0^2+B_0^2}}}, \qquad (4)$$

при $X = X_0$; $B_0 = B$; при $y = -t + r_д$.

Введем коэффициент удельного дренажного расхода:

$$\alpha = \frac{q}{q_0}, \qquad (5)$$

где $q_0 = \frac{2\pi K_1(H + t - r_д)}{\ln(\frac{2t}{r_д})}$ – удельный расход дрены в однородном грунте.

Подставив (5) в (4), получим зависимость для расчета коэффициента а:

$$\alpha = (1 + (\ln(\frac{2}{r_д}))^{-1}\lambda\ln\sqrt{\frac{\tilde{A}^2+\tilde{\bar{B}}^2}{\tilde{A}^2+\tilde{B}^2}})^{-1}. \qquad (6)$$

В формуле (6) для упрощения записи нулевые индексы опущены и введены относительные величины:

$$\tilde{x}_0 = \frac{x}{t}; \tilde{s} = \frac{s}{t}; \tilde{R} = \frac{R}{t}.$$

Для оценки действия дренажа необходимо знать значения скорости фильтрации в любой точке области течения. Продифференцируем характеристическую функцию течения w_1 (z) по z и получим комплексную скорость фильтрации в зоне 1:

$$V_1(z) = V_{1X} - V_{1Y} = \frac{q}{2\pi}\left(\left(\frac{1}{z-z_0} - \frac{1}{z-\bar{z}_0}\right) + \lambda\left(\frac{1}{z-\bar{z}_0} - \frac{1}{z-z_0}\right)\right). \qquad (9)$$

Дифференциал w_2 (z) по z дает комплексную скорость фильтрации внутри включения в зоне 2:

$$v_2(z) = v_{2x} - i\,v_{2y} = (q/2\pi)(1-\lambda)((z-z_0)^{-1} - (z-z_0)^{-1}). \qquad (10)$$

Разделив (9) на мнимую и действительную части, найдем вертикальную V_1y

и горизонтальную V_1x, составляющие скорости фильтрации в зоне 1:

$$V_{1y} = -\frac{q}{2\pi}\left(-\frac{y+t}{(x-x_0)^2+(y+t)^2} - \frac{y-t}{(x-x_0)^2+(y-t)^2}\right) + \\ + \lambda\left(\frac{y+t^*}{(x-x_0^*)^2+(y+t^*)^2} - \frac{y-t^*}{(x-x_0^*)^2+(y-t^*)^2}\right) \quad (11)$$

$$x_0^* = S + \frac{R^2(x^0-S)}{(x_0-s)^2+t^2}; \quad t^* = \frac{R^2 t}{(x_0-s)^2+t^2}.$$

$$V_{1x} = \frac{q}{2\pi}\left(\frac{x-x_0}{(x-x_0)^2+(y-t)^2} - \frac{x-x_0}{(x-x_0)^2+(y+t)^2}\right) + \\ + \lambda\left(\frac{y+t^*}{(x-x_0^*)^2+(y-t^*)^2} - \frac{y-t^*}{(x-x_0^*)^2+(y+t^*)^2}\right) \quad (12)$$

Скорость фильтрации внутри включения будут описывать зависимости (11)- (12) без последней скобки, умноженные на коэффициент (1-l).

Интенсивность действия дренажа определяет скорость фильтрации в поверхностном слое грунта. Подставим в (11) и (12) У = 0, получим зависимости для ее расчета:

$$V_{1V-0} = -\frac{q}{\pi}\left(\frac{t}{(x-x_0)^2+t^2} + \frac{t'}{(x-x_0')^2+\overline{t}'^2}\right); \quad (13)$$

$$V_{1v02} = -\frac{q}{\pi}\left(\frac{t}{(x-1)^2+t^2} + \frac{\frac{R^2}{t}}{(x-1)^2+\frac{R^2}{t}}\right), \quad (14)$$

Введем коэффициент скорости фильтрации:

$$\beta = \frac{V_{1y}}{V_{0y}}, \quad (15)$$

где $Voy = (-q_0/\pi)(t/(x^2+t^2))$ – скорость фильтрации в однородном грунте проницаемости $К_1$.

Подставим в (15) (13), получим искомую формулу:

$$\beta_1 = \alpha\left(1 + \frac{((\widetilde{x}-\widetilde{s})^2+1)\lambda\widetilde{R}^2}{(\widetilde{x}-\widetilde{s})^2+\widetilde{R}^4}\right). \quad (16)$$

Коэффициент скорости для зоны внутри включения будет иметь вид:

$$\beta_2 = \alpha\,(1\text{-}\lambda), \quad (17)$$

где все обозначения прежние. Зависимости для расчета коэффициентов α и β позволяют оценить влияние параметров включения на режим работы дрены.

Оценку фильтрационных деформаций дренажа и основания линейного гидротехнического сооружения выполняют по величине градиента фильтрационного потока *J*. Градиенты фильтрационного потока для зоны 1 и зоны 2 определяют соответственно из выражения (9), деленного на $К_1$, и выражения (10), деленного на $К_2$. Вероятность суффозии возможна при градиенте $J > J_{кр}^{с}$, где $J_{кр}^{с}$ – критический градиент суффозии. Вероятность контактного размыва возможна при градиенте $J > J_{кр}^{к.р.}$, где $J_{кр}^{к.р.}$ – критический градиент контактного размыва.

Результаты исследований. Анализ зависимости для расчета коэффициента расхода (5), показывает что наиболее существенное влияние на его величину оказывает соотношение проницаемостей осушаемого грунта и включения, которое характеризуется величиной l.l и является сомножителем второго члена зависимости (5). Если проницаемость включения $К_2$ больше проницаемости осушаемого грунта $К_1$ (l меньше 0), то расход дрены увеличивается при наличии включения. Коэффициент а получается больше единицы. В противном случае расход дрены уменьшается. При наличии включения с проницаемостью меньшей, чем проницаемость осушаемого грунта, расход дрены уменьшается. Коэффициент l получается меньше единицы. Так, при изменении l в 4 раза от 0,2 до 0,8, коэффициент а уменьшается на 15,6% (от 0,935 до 0,789) при $\overline{s} = 0$ и $r_д = 0{,}025$. Увеличение $r_д$ в два раза, от 0,025 до 0,05, при $\overline{s} = 0$ и l=0,2 уменьшает а на 1,2% (от 0,935 до 0,924).

Удаление дрены от контура включения в меньшей степени влияет на дренажный расход, так как отношение значений $\overline{A}_0, \widetilde{B}_0, \widetilde{B}_0$ стоит под логарифмом. Ее заметное влияние начинает проявляться в непосредственной близости от контура включения, когда контур дрены касается контура включения. Четырехкратное увеличение *s* от 0 до 4,0 при $\overline{r}_д = 0{,}025$ и l=0,2 вызывает увеличение коэффициента а только на 6,5% (от 0,935 до 1). Размеры основания и дренажа в наибольшей мере влияют на параметры фильтрационного потока при минимальном расстоянии между ними.

На коэффициенты скорости (16) и (17) оказывает наиболее существенное влияние величина l, так как она входит сомножителем. Аналогичное влияние оказывает коэффициент расхода, который также существенно зависит от l. Включение с проницаемостью, меньшей, чем проницаемость осушаемого грунта (l положительное), вызывает повышение скорости фильтрации рядом с включением. В противном случае скорость фильтрации снижается. Максимальное значение это влияние достигает, когда l=1 (включение полностью непроницаемое) или l=-1 (включе-

ние представляет собой заполненную водой каверну). Увеличение l в 4 раза, от 0,2 до 0,8, уменьшает коэффициент b_2 на 79,0% (от 0,748 до 0,157) при $\bar{s} = 0$, $r_д = 0{,}025$. Увеличение $\bar{s}$ от 0 до 0,5 в пределах включения увеличивает коэффициент b_2 на 14,0% (от 0,157 до 0,179) при $r_д = 0{,}025$ и $\bar{l} = 0{,}8$. Увеличение $\bar{s}$ от 1,0 до 4,0 приводит к уменьшению b_1 вне включения при тех же значениях $r_д$ и l на 8,4% (от 1,657 до1,529**).** Коэффициенты скорости b_2 внутри включения и вне его b_1 различаются в 9,2 раза (от 0,179 до 1,657) при $\bar{r}_д = 0{,}025$, $\bar{l} = 0{,}8$ и $\bar{s} = 0{,}5$, $\bar{s} = 1{,}0$.

Выводы

Даны аналитические формулы расчета скорости фильтрации, расхода дрены, градиентов фильтрационного потока во всей области фильтрации дренажа основания линейного гидротехнического сооружения. Наибольшее влияние на параметры фильтрационного потока оказывает соотношение проницаемостей осушаемого грунта и основания сооружения. При четырехкратном изменении соотношения проницаемостей осушаемого грунта и основания сооружения расход дрены изменяется на 15.6%. При четырехкратном изменении расстояния между дреной и основанием сооружения расход дрены изменяется только на 6,5%. Еще в меньшей степени на расход дрены влияет изменение ее радиуса. Влияние размеров основания и дренажа на параметры фильтрационного потока проявляется в наибольшей мере при минимальном расстоянии между ними.

Библиографический список

1. Аверьянов С.Ф. Горизонтальный дренаж при борьбе с засолением орошаемых земель: (Расчет). – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 84 с.

2. Полубаринова-Кочина П.Я. Теория фильтрации грунтовых вод. – М.: Наука, 1977. – 664 с.

3. Касьянов А.Е. Природоохранные технологии осушительных мелиораций: монография. – М.: ФГБОУ ВПО МГУП, 2012. – 196 с.

Материал поступил в редакцию 30.05.2016.

Сведения об авторе

Касьянов Александр Евгеньевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Мелиорация и рекультивация земель» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44; e-mail.ru.: kasian64@mail.ru, тел. 8(499)9763070.

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

CALCULATION OF DRAINAGE OF LINEAR HYDRAULIC ENGINEERING STRUCTURES

The problem of flat filtration to the drainage of the foundation of a linear hydraulic engineering structure is solved by methods of hydromechanics. The foundation of the hydraulic structure displays a semicircular inclusion in the field of filtration the permeability of which differs from the permeability of the drained soil. The drain is displayed by the dot runoff which capacity is equal to the specific drainage consumption. Methods of analytical continuation and the theorem of a circle are used. There are obtained dependences of parameters of drainage and foundation of the structure of characteristic functions of the filtration flow in the drained ground and foundation. In the analytical way dependences of filtration speeds, gradients of the filtration flow in all points of the filtration area are given. There is given a formula of calculation of the specific drainage consumption. The greatest influence on the drain consumption and parameters of the filtration flow is made by a correlation of permeability of the drained ground and foundation of the structures. The influence of sizes of the foundation and drainage on the parameters of the filtration flow is shown at the minimum distance between them.

Hydromechanical calculation of filtration, drainage, foundation of a linear hydraulic engineering structure, characteristic function of filtration flow, theorem of circle, analytical continuation of function, specific drainage consumption, speeds of filtration, gradient of filtration flow.

References

1. Averianov S.F. Gorizontaljnyj drenazh pri borjbe s zasoloniem oroshaemyh zemelj: (Raschet). – M.: Izd-vo AN SSSR, 1959. – 84 s.

2. Polubarinova-Kochina P. Ya. Teoriya filjtratsii gruntovyh vod. – M.: Nauka, 1977. – 664 s.

3. Kasianov A.E. Prirodoohrannye tehnologii osushiteljnyh melioratsij: monographiya. – M.: FSBEI HE MSUEE, 2012. – 196 s.

The material was received at the editorial office 30.05.2016.

Information about the author

Kasianov Alexandr Evgenjevich, doctor of technical sciences, professor of the chair «Lands reclamation and recultivation»FSBEI HE RGAU-MTAA, 127550, Moscow, ul. Boljshaya Academicheskaya, d. 44; e-mail.ru.: kasian64@mail.ru, тел. 8(499)9763070.

УДК 502/504:69.035.4:539.31

Д.Т. БАУТДИНОВ, У.И. АТАБИЕВ

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

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТРАНСВЕРСАЛЬНО-ИЗОТРОПНОГО СКАЛЬНОГО ГРУНТА ВБЛИЗИ НАПОРНОГО ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО ТУННЕЛЯ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ СЕЧЕНИЯ

Проведен параметрический анализ напряженного состояния трансверсально-изотропного скального грунта вблизи напорного гидротехнического туннеля прямоугольной формы сечения от внутреннего напора воды, которые широко распространены в области гидротехнического строительства и являются одним из самых сложных, трудоемких и дорогих типов сооружений, входящих в состав основных сооружений гидроузлов, мелиоративных систем и систем водоснабжения. Определены тангенциальные напряжения по контуру выработки гидротехнического туннеля при различных отношениях модулей деформаций и коэффициентов Пуассона, позволяющие оценивать прочность грунтового массива при различных глубинах заложения туннеля. Расчет гидротехнического туннеля большой протяженности, проложенного в крепком, трансверсально-изотропном скальном грунте, сведен к задаче плоской деформации теории упругости для трансверсально-изотропной среды, содержащей туннельную выработку. Решение такой задачи невозможно аналитическими методами, поэтому анализ напряженного состояния был выполнен методом конечного элемента с использованием программного комплекса ANSYS. Предварительно были определены размеры и тип элемента, пригодного для расчета на основе решения тестовой задачи.

Трансверсально-изотропная среда, теория упругости, плоская деформация, модуль деформаций, коэффициент Пуассона.

Введение. Подземные гидротехнические сооружения широко распространены в области гидротехнического и мелиоративного строительства и одновременно являются одними из самых сложных и дорогих типов основных сооружений, входящих в состав гидроузлов, мелиоративных систем и систем водоснабжения.

Гидротехнические туннели глубокого заложения могут возводиться с обделкой и без неё, при проходке в слаботрещиноватых скальных неразмываемых грунтах. Применение гидротехнических туннелей без обделки позволяет снизить их стоимость на 20–30% и сократить сроки строительства на 10–15%.

При проектировании гидротехнических туннелей глубокого заложения, проходящих в анизотропных грунтах с отношением модулей деформаций в разных направлениях более чем 1,4, расчет следует проводить с учетом анизотропии [1].

По деформационности и прочности в различных направлениях массивы скальных грунтов следует считать изотропными при коэффициенте анизотропии не более 1,5. Под коэффициентом анизотропии понимают отношение большего значения характеристики к меньшему в двух заданных направлениях [2].

Эти требования свидетельствуют о том, что при расчете гидротехнических туннелей, проходящих в грунтах с сильно выраженной анизотропией, модель изотропного тела неприменима.

Целью данной работы является проведение параметрического анализа напряженного состояния анизотропного скального грунта с различными упругими характеристиками в ортогональных направлениях от внутреннего напора воды на контуре выработки прямоугольной формы сечения, с использованием модели трансверсально-изотропной среды.

Материалы и методы исследований. Расчет гидротехнического туннеля большой протяженности, проложенного в крепком, трансверсально-изотропном скальном грунте, можно свести к задаче плоской деформации теории упругости для трансверсально-изотропной среды, содержащей туннельную выработку. Решение такой задачи невозможно аналитическими методами, поэтому анализ напряженного состояния был выполнен методом конечного элемента с использованием программного комплекса ANSYS.

Расчетная схема, моделирующий гидротехнический туннель со значительной глубиной заложения без обделки с прямоугольной формой сечения, проходящий в скальных грунтах с различными упругими характеристиками в ортогональных направлениях с учетом геометрической и физической симметрии, представлены на рисунке 1. Размеры выбранной расчетной области были минимизированы с учетом задания «активной зоны» (Критерий М.И. Фролова) [3].

Для удобства вычислений, согласно принципу суперпозиции линейной теории упругости, напряженное состояние туннеля предварительно определялось от единичной нагрузки, моделирующей внутренний напор воды. Затем, умножая полученные результаты на реальную величину напора, можно получить истинное напряженное состояние.

При проведении расчетов задавались различные значения коэффициента анизотропии $\alpha = E/E_0$ от 1 до 3 с шагом 0,5 и отношения v_0/v от 1 до 3,5 с шагом 0,5 при v= 0,1, здесь E и E_0, v и v_0 – модули деформации и коэффициенты Пуассона в изотропном и трансверсальном направлениях соответственно. В координатных индексах эти параметры соответствуют $E = E_x = E_z$, $E_y = E_0$, $v = v_{xz} = v_{zx}$, $v_0 = v_{xy}$.

Рассмотрим результаты расчета на единичный внутренний напор воды в гидротехническом туннеле без обделки, проходящем в трансверсально-изотропном скальном грунте, при $p_w = 1$.

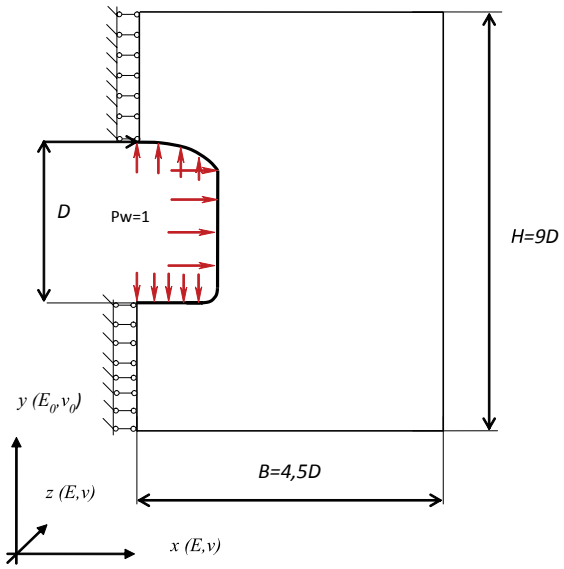

Рис. 1. **Расчетная схема, моделирующая внутренний напор воды на туннель, по модели трансверсально-изотропной среды**

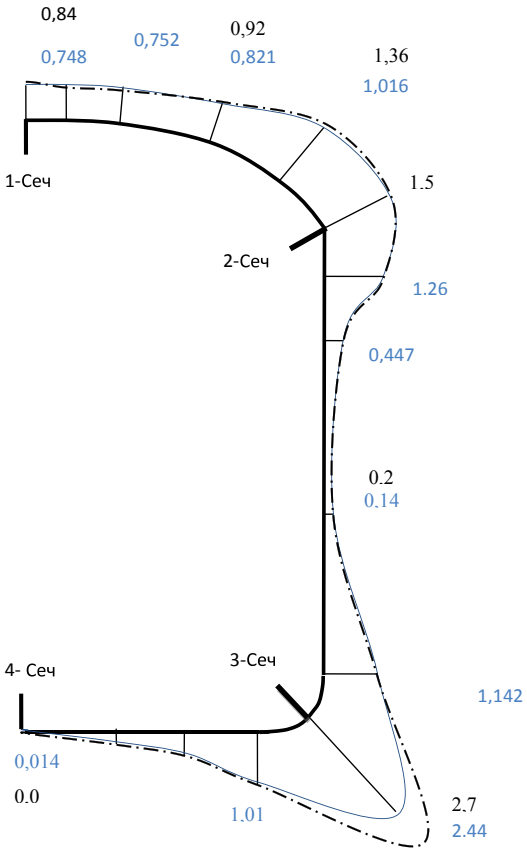

Рис. 2. **Эпюра относительных тангенциальных напряжений по контуру туннеля прямоугольного сечения от внутреннего напора воды для изотропной среды (v = 0,1) указана прямой непрерывной линией. Эпюра относительных тангенциальных напряжений при $E/E_0 = 2$, $v_0/v = 3,5$; для трансверсально-изотропной среды указана штрихпунктирной линией**

Для оценки влияния анизотропности свойств грунтового массива на напряженное состояние туннеля на рисунке (2) приведена эпюра относительных окружных напряжений (η) на контуре выработки прямоугольной формы для изотропной среды. Также приведена эпюра относительных тангенциальных напряжений при $E/E_0 = 2$, $v_0/v = 3{,}5$, для трансверсально-изотропной среды.

Как следует из рисунка 2, наиболее опасные для скального грунта – относительные тангенциальные растягивающие напряжения, локализующиеся в 4-х основных (в силу симметрии) частях прямоугольной выработки, и увеличиваются по сравнению с напряжениями в изотропной среде. Также в некоторых сечениях контура круговой выработки растягивающие напряжения уменьшаются относительно напряжений в изотропной среде.

Таблица 1

Относительные тангенциальные напряжения в нижнем правом сечении выработки прямоугольной формы от внутреннего напора воды в зависимости от отношений упругих характеристик

Коэффициент анизотропии	Соотношение коэффициентов Пуассона v_0/v					
E/E_0	1	1,5	2	2,5	3	3,5
1	1,609	1,620	1,631	1,642	1,654	1,664
1,5	1,583	1,592	1,6	1,609	1,618	1,626
2	1,563	1,570	1,577	1,585	1,552	1,574
2,5	1,547	1,553	1,559	1,565	1,571	1,577
3	1,534	1,539	1,544	1,549	1,555	1,560

Таблица 2

Значения относительных тангенциальных напряжений (η) на контуре выработки прямоугольной формы от собственного веса грунта в зависимости от соотношений упругих характеристик в ортогональных направлениях при v = 0,1. Номера сечений указаны на рисунке 2

Коэффициент анизотропии	Номер сечения	Соотношение коэффициентов Пуассона v_0/v					
a		1	1,5	2	2,5	3	3,5
1	1	0,73	0,567	0,403	0,236	0,067	-0,104
	2	-3,165	-3,171	-3,178	-3,186	-3,194	-3,203
	3	-2,698	-2,813	-2,929	-3,046	-3,165	-3,285
	4	0,765	0,659	0,551	0,44	0,327	0,212
1,5	1	0,928	0,756	0,582	0,406	0,228	0,049
	2	-3,15	-3,154	-3,159	-3,164	-3,17	-3,176
	3	-2,812	-2,918	-3,026	-3,135	-3,246	-3,357
	4	0,961	0,852	0,741	0,629	0,514	0,398
2	1	1,088	0,907	0,725	0,542	0,356	0,169
	2	-3,132	-3,135	-3,138	-3,141	-3,145	-3,149
	3	-2,889	-2,99	-3,092	-3,195	-3,299	-3,404
	4	1,123	1,011	0,898	0,783	0,666	0,548
2,5	1	1,224	1,036	0,847	0,656	0,464	0,27
	2	-3,114	-3,116	-3,118	-3,12	-3,123	-3,125
	3	-2,947	-3,043	-3,141	-3,239	-3,339	-3,438
	4	1,263	1,149	1,033	0,916	0,797	0,677
3	1	1,343	1,148	0,952	0,756	0,557	0,357
	2	-3,098	-3,099	-3,1	-3,101	-2,254	-2,289
	3	-2,993	-3,085	-3,179	-3,273	-2,643	-2,638
	4	1,388	1,272	1,154	1,034	0,914	0,792

При отношении $E/E_0=2$, $v_0/v=3,5$ наибольшие растягивающие напряжения в сечении № 1 равны $\eta_{+max}=0,84$, в сечении № 2 равны $\eta_{+max}=1,57$, в сечении № 3 равны $\eta_{+max}=2,71$, в сечении № 4 равны $\eta_{+max}=0$, а $\eta_{-max}=-0,96$. При дальнейшем увеличении отношений модулей деформаций и коэффициентов Пуассона растягивающие напряжения по контуру выработки возрастают по сравнению с напряжениями в изотропной среде.

В таблице 1 представлены наиболее опасные значения относительных тангенциальных напряжений в нижнем правом сечении выработки прямоугольной формы от внутреннего напора воды в зависимости от отношений упругих характеристик.

Рассмотрим совместное действие внутреннего напора воды и собственного веса грунта на напорный туннель без обделки прямоугольной формы сечения.

Анализ напряженного состояния туннеля прямоугольной сечения на собственный вес грунта представлен в работе [4] Согласно работе [4] относительные окружные напряжения на контуре выработки при (v=0,1) представлены в таблице 2 в зависимости от сечения контура выработки (рис. 1).

Умножая относительные напряжения от внутреннего напора воды на величину реального напора и умножая относительные напряжения от собственного веса грунта на реальную глубину заложения туннеля, а затем, в силу линейности решаемой задачи, суперпозируя результаты, можно получить истинные значения окружных напряжений на контуре выработки от совместного действия внутреннего напора воды и собственного веса грунта.

Для примера рассмотрим:

- глубина заложения туннеля H = 100 м;
- реальный напор воды H_W = 100 м;
- удельный вес грунта $\gamma_{гр}$ = 25 кН/м^3;
- удельный вес воды $\gamma_в$ = 10 кН/м^3.

Тогда $$\sigma_\Sigma = H\,(P_в\,\gamma_в + \gamma_{гр}P_{гр}) \qquad (2)$$

Результаты расчета для наиболее опасного сечения прямоугольной выработки при совместном действии представлены в таблице (3), кПа

Таблица 3

Результаты расчета для наиболее опасного сечения прямоугольной выработки при совместном действии

Коэффициент анизотропии	Наименование сечения	Соотношение коэффициентов Пуассона v_0/v					
a		1	1,5	2	2,5	3	3,5
1	Нижнее правое сечение	4044	3965,1	3885,3	3804,5	3721,65	3635,4
1,5	Нижнее правое сечение	3923,6	3846,2	3766,8	3688,9	3606,46	3524,1
2	Нижнее правое сечение	3847,4	3772,4	3696,4	3617	3296,49	3355
2,5	Нижнее правое сечение	3795	3719,9	3645,4	3570,9	3491,89	3416,4
3	Нижнее правое сечение	3751,9	3680,9	3607,8	3534,7	4175,93	4200,9

Выводы

Результаты параметрического анализа напряженного состояния скального грунта в окрестности выработки гидротехнического туннеля прямоугольной формы сечения показывают, что на напряженное состояние оказывает влияние анизотропия упругих свойств скального массива. Следовательно, при проектировании подземных сооружений необходимо более детально определять физико-механические свойства скальных грунтов, особое внимание уделяя упругим характеристикам, и расчеты следует производить, учитывая анизотропию упругих свойств.

Библиографический список

1. СНиП 2.06.09–84. Туннели гидротехнические. – М.: Госстрой СССР, 1985.

2. СНиП 2.02.02–85. Основания гидротехнических сооружений. – М.: Госстрой СССР, 1985.

3. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. – М.: Наука, 1977. 416 с.

Материал поступил в редакцию 31.03.2016.

Сведения об авторах

Баутдинов Дамир Тахирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническая и строительная механика» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, Прянишникова ул., д. 19; тел.: +7(499)976-33-44; e-mail: damir.tt1@mail.ru

Атабиев Умар Исхакович, инженер, аспирант кафедры «Гидротехнические сооруже-

ния» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, Б. Академическая ул., д.44; тел.: +7(499)976-33-44; +7(499)976-0030; +7(499)976-0428; e-mail: a_omar@mail.ru

D.T. BAUTDINOV, U.I. ATABIEV
Federal state budget educational institution of higher education
«Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev»

STRESS STATE OF THE TRANSVERSELY ISOTROPIC ROCKS NEAR A PRESSURE HYDRO-TECHNICAL TUNNEL OF A RECTANGULAR CROSS SECTION FORM

The parametric analysis is fulfilled of the stress state of a transversely isotropic rock near the pressurized hydraulic tunnel of a rectangular cross-section from the internal water pressure which are prevalent in the field of hydraulic engineering construction and are one of the most complex, labor-intensive and expensive types of facilities being a part of main structures of waterworks, irrigation and drainage systems and water supply systems. There are determined tangential stresses on the contour of working out a hydro-technical tunnel at different ratios of moduluses of deformations and Poisson's ratios allowing estimating the strength of the soil mass under various depths of the tunnel location. Calculation of a long hydro-technical tunnel built in hard, transversely isotropic rocks is reduced to the task of plain deformation of the theory of elasticity for the transverse-isotropic medium containing the tunnel output. The solution of this problem is not possible by analytical methods, thus the analysis of the stressed state was fulfilled by a method of finite element using the software system ANSYS. Preliminarily there were determined sizes and type of the element suitable for the calculation on the basis of the test task solution.

Transversally isotropic medium, theory of elasticity, plane deformation, modulus of deformation, Poisson's ratio.

References

1. SNiP 2.06.09–84. Tunneli gidrotehnicheskie. – M.: Gosstroj SSSR, 1985.

2. SNiP 2.02.02–85. Osnovaniya gidrotehnicheskih sooruzhenij. – M.: Gosstroj SSSR, 1985.

3. Lekhnitsky S.G. Teoriya uprugusti anizotropnogo tela. – M.: Nauka, 1977. 416 s.

The material was received at the editorial office 31.03.2016.

Information about the authors

Bautdinov Damir Takhirovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Technical and structural mechanics» FSBEI HE RGAU-MTAA, 127550, Moscow, Pryanishnikova street, 19. Tel.: +7(499)976-33-44. E-Mail: damir.tt1@mail.ru.

Atabiev Umar Iskhakovich, engineer, postgraduate student of the chair «Hydrotechnical structures». FSBEI HE RGAU-MTAA, 127550, Moscow, B. Academicheskaya ul., d. 44, Tel.: +7(499)976-33-44; +7(499)976-0030; +7(499)976-0428. E-email: a_omar@mail.ru

УДК 502/504: 532.621

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

К ВОПРОСУ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ В НАПОРНЫХ ВОДОВОДАХ КВАДРАТНОГО СЕЧЕНИЯ

В настоящее время известно более двух тысяч научных работ, посвященных гидравлическим сопротивлениям напорных потоков. Исследования гидравлического коэффициента трения в круглых и прямоугольных трубах производились отечественными и зарубежными исследователями достаточно давно и проблема определения

гидравлического коэффициента трения, что составляет одну из сложнейших проблем механики жидкости, не получившую до сих пор полного теоретического решения. В статье представлены результаты экспериментальных исследований кинематической структуры потока и гидравлического коэффициента трения напорных водоводов квадратного поперечного сечения. Экспериментально гидравлический коэффициент трения определялся по известной методике на эквивалентной длине участка водовода, а после регрессионного анализа значений коэффициента Дарси, полученные данные автора сравнивались с данными других известных исследователей по бетонным водоводам.

Напорный водовод, скорость потока, расход, гидравлический коэффициент трения (Дарси), потери напора по длине, смоченный периметр, эквивалентный диаметр по площади, гидравлический диаметр, относительная шероховатость.

Введение. При определении потерь напора в напорных водоводах, таких как гидротехнические водоводы, водовыпуски плотинных гидроузлов или трубопроводы систем водоснабжения необходимо экспериментально находить значения гидравлического коэффициента трения по известной зависимости Дарси-Вейсбаха, что составляет одну из сложнейших проблем механики жидкости, не получившую до сих пор полного теоретического решения.

В настоящее время известно более двух тысяч научных работ, посвященных гидравлическим сопротивлениям напорных потоков. Исследования гидравлического коэффициента трения в круглых и прямоугольных трубах производились отечественными и зарубежными исследователями достаточно давно. В силу широкого промышленного применения большая часть работ содержит экспериментальные данные по трубам круглого сечения, в частности в промышленной аэродинамике этому вопросу посвящена целая серия трудов Центрального аэрогидродинамического института (ЦАГИ). В России широко используются графики Никурадзе, номограммы Кольбрука-Уайта для определения значений коэффициента гидравлического трения.

Материал и методы. Универсальная формула для определения λ была предложена А.Д. Альтшулем [1]:

$$\lambda = 0,1(1,46\,\Delta_{-}/d + 100/\mathrm{Re})^{0,25}, \qquad (1)$$

где $\frac{\Delta}{d_э}$ – относительная шероховатость, Re – число Рейнольдса.

Согласно исследованиям А.Д. Альтшуля возможные расхождения при расчете по различным формулам незначительны, по сравнению с теми ошибками, которые обычно имеют место вследствие неопределенности в выборе значения шероховатости [1].

Зависимость коэффициента λ от различных факторов связана с областями, которые наблюдаются в потоках: область гидравлически гладких труб (область ламинарного режима); переходная область и область квадратичного сопротивления. В области гидравлически гладких труб коэффициент λ зависит от числа Рейнольдса, $\lambda = f(\mathrm{Re})$. В переходной области коэффициент λ зависит от числа Рейнольдса и относительной шероховатости, $\lambda = f(\mathrm{Re}; \Delta / d)$. В области квадратичного сопротивления коэффициент λ зависит только от относительной шероховатости, $\lambda = f(\Delta / d)$ [1].

Для нахождения коэффициента гидравлического трения (Дарси) λ при расчете трубопроводов из других материалов или трубопроводов, предназначенных для транспортирования жидкостей, отличающихся от воды, применяют другие эмпирические формулы.

На практике часто приходится иметь дело с турбулентным течением в некруглых трубах, применяемых, например, в различных охлаждающих устройствах [2,3], а также это могут быть многоярусные водопропускные сооружения, гидродинамические стабилизаторы расхода водовыпусков низконапорных гидроузлов, гидродинамические регуляторы расхода на перепадах каналов оросительной сети.

Рассмотрим расчет потерь на трение при турбулентном течении в трубе с прямоугольным поперечным сечением.

Для количественной оценки влияния формы сечения на потерю напора вводится в расчет гидравлический диаметр $d_г$. В технической литературе гидравлический диаметр называют также эквивалентным диаметром и обозначают $d_э$ [2,3].

Для трубы прямоугольного сечения со сторонами a и b:

$$d_э = \frac{4ab}{2(a+b)} = \frac{4S}{\Pi},$$

Для квадрата со стороной а:

$$d_г = a = \frac{4S}{\Pi}, \qquad (2)$$

где Π – смоченный периметр сечения, S – площадь сечения.

Если подставить в формулу Дарси-Вейсбаха (3) вместо диаметра трубопровода гидравлический диаметр, то получим более общее выражение закона потерь, поскольку оно справедливо для труб не только круглых, но и любых иных сечений [2]. При этом коэффициент λ подсчитывается по любой из перечисленных выше формул, а Re выражается через $d_г$:

$$\mathrm{Re} = \frac{V \cdot d_г}{\nu},$$

$$h_l = \lambda \frac{lV}{dg}\frac{^2}{2}, \qquad (3)$$

где V – средняя скорость потока, h_l – потери напора по длине, l – длина водовода, $d_г$ – гидравлический диаметр, $g = 9{,}81$ м/с^2– ускорение свободного падения.

Так как коэффициент местного сопротивления характеризует потери напора движущейся жидкости, вызванные действием, как сил трения, так и нормальных напряжении на длине местного сопротивления, то при экспериментальном определении коэффициента местного сопротивления выделяют потери по длине водовода, но уже без местного сопротивления. По существу же при вычислении потерь напора по длине h_l делается допущение о постоянстве коэффициента гидравлического трения λ на протяжении расчетного участка водовода независимо от формы последней [4]. Действительно, при таком подходе искусственно удваиваются потери напора на трение в пределах длины местного сопротивления. Фактически же из-за деформации потока в пределах местного сопротивления величина коэффициента гидравлического трения λ будет отлична от таковой, имеющей место на прямых участках трубопровода, где режимы движения жидкости стабилизировались – профиль скоростей потока приобрел нормальный вид, характерный для турбулентного режима [4].

Опыты показывают, что нарушение режима движения жидкости из-за наличия местных сопротивлений не ограничивается длиной этого сопротивления, а распространяется по обе стороны его [5]. Следовательно, в пределах длин подходного к выходного участков водовода величина коэффициента гидравлического трения λ отлична от имеющей место в стабилизированном потоке жидкости при турбулентном режиме ее течения. Это обстоятельство при производстве расчетов, как правило, не учитывается; принимается λ=const по всей длине расчетной магистрали, независимо от количества и расположения местных сопротивлений в водоводе.

Результаты и обсуждение. Экспериментально коэффициент гидравлического трения λ (Дарси) определялся на прямом участке водовода длиной $l = 17 \cdot d_г = 19{,}2 \cdot d_э$ (рис. 1). В качестве характерного линейного поперечного размера квадратного водовода выбирался эквивалентный диаметр по площади $D_э = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = 1{,}128 \cdot d_г$ [5,6].

Рис. 1. **Экспериментальная установка**

Значения коэффициента λ были вычислены по формуле:

$$\lambda = \frac{2 \cdot g \cdot d_э \cdot h_l \cdot \omega^2}{l \cdot Q^2}. \qquad (4)$$

Перед проведением основной серии опытов по принятой методике была оценена шероховатость экспериментального участка водовода.

Для определения относительной шероховатости $e = \frac{\Delta}{d_э}$ замерялась фактическая потеря давления на трение по длине трубы h_l при определенной скорости воды V в ней, средняя скорость течения воды на модели изменялась в пределах $V = (2 \ldots 4)$ *м/с* при расходах на модели $Q = (103 \cdots 0)$ *л/с* и температуре воды $t = 15^\circ \ldots 17^\circ C$.

Подставляя в формулу (4) значение λ, найденное из опыта, определяли значение $\frac{\Delta}{d_э}$, а так как диаметр трубы известен, то вычисляли величину абсолютной шероховатости водовода Δ. Абсолютная шероховатость квадратного водовода по эквивалентному диаметру $d_э = 96\ мм = 9{,}6\ см$ при значении относительной шероховатости $e = \frac{\Delta}{d_э} = 0{,}0003$ равняется $\Delta = 0{,}03\ мм$, где λ=0,0149, Re=261256.

В.В. Казеннов и А.В. Мишуев [7] обработали опытные данные по гидравлическим коэффициентам трения отечественных и зарубежных исследований (268 серий) стальных и бетонных водоводов, а также данные натурных исследований напорных облицованных и необлицованных туннелей. Опытные данные охватывали диапазон чисел Рейнольдса от $1{,}2 \cdot 10^3$ до $5{,}2 \cdot 10^7$ (диаметр труб изменялся от 0,10 до 0,30 м). Точки наносились на графики в системе координат $\lambda = f(\lg \mathrm{Re})$ и сравнивались с расчетными кривыми по известным формулам Кольбрука, А.Д. Альтшуля и Прандля-Никурадзе. На основании сопоставления расчетных кривых с опытными точками устанавливалась степень их согласования и находились значения эквивалентной равномерно зернистой шероховатости $\Delta_э$. Исследователи пришли к выводам, что стальные и бетонные напорные водоводы работают, как правило, в переходной области сопротивления, поэтому для их расчета нельзя рекомендовать формулы квадратичной области сопротивления и использование кривых Никурадзе. Кривые сопротивления стальных напорных водоводов больших и малых диаметров вполне согласуются с кривыми, построенными по степенной формуле (1) [7].

Достаточно известны работы И.Е. Идельчика и А.Г. Адамова [5,6]. В научных отчетах этих авторов был экспериментально определен гидравлический коэффициент трения для фанерных труб (различного сорта березы) квадратного поперечного сечения в напорном турбулентном потоке. Г.А. Адамовым предложены формулы для трех областей сопротивления [5]:

а) для гладких труб:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \frac{3{,}0}{\mathrm{Re}\sqrt{\lambda}},$$

б) для шероховатых труб в зоне полной турбулентности:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \frac{e}{1{,}95},$$

в) для шероховатых труб в переходной зоне:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{e}{1{,}95} + \frac{3{,}0}{\mathrm{Re}\sqrt{\lambda}} \right), \qquad (5)$$

где e – относительная шероховатость стенок трубопровода.

Последняя формула (5) является общей формулой сопротивления трения прямых труб квадратного сечения при турбулентном потоке [5,6].

Выводы

Получена эмпирическая формула для расчета гидравлического коэффициента трения:

$$\lambda = 0{,}0198 \cdot \mathrm{Re}^{-0{,}1616}. \qquad (6)$$

Эмпирическое уравнение (6) имеет хорошие статистические оценки и может быть использовано в диапазоне чисел Рейнольдса $\mathrm{Re} = (1{,}5 \ldots 2{,}7) \cdot 10^5$. За характерный линейный размер в числе Re принимался учетверенный гидравлический радиус (гидравлический диаметр).

Значения коэффициента гидравлического трения, полученные по эмпирической зависимости (6) хорошо согласуются с данными экспериментов, полученных И.Е. Идельчиком и А.Г. Адамовым для квадратных труб из березовой фанеры (рис. 2 и 3) и с натурными данными по бетонным водоводам других исследователей [7].

Натурное моделирование напорных бетонных водоводов по критерию Рейнольдса в переходной (начало квадратичной) области сопротивления (квазиквадратичная область сопротивлений) можно производить с учетом относительной шероховатости Δ, которая получена в экспериментах автора для напорного водовода прямоугольного сечения в пределах чисел Re= (1,5…2,6) · 10^5 для гидротехнического бетона (с отделкой) со значениями относительной шероховатости стенок на модели (оргестекло) – Δ = 0,01…0,03 мм и Δ = 0,1…0,3 мм на натуре с учетом масштаба моделирования.

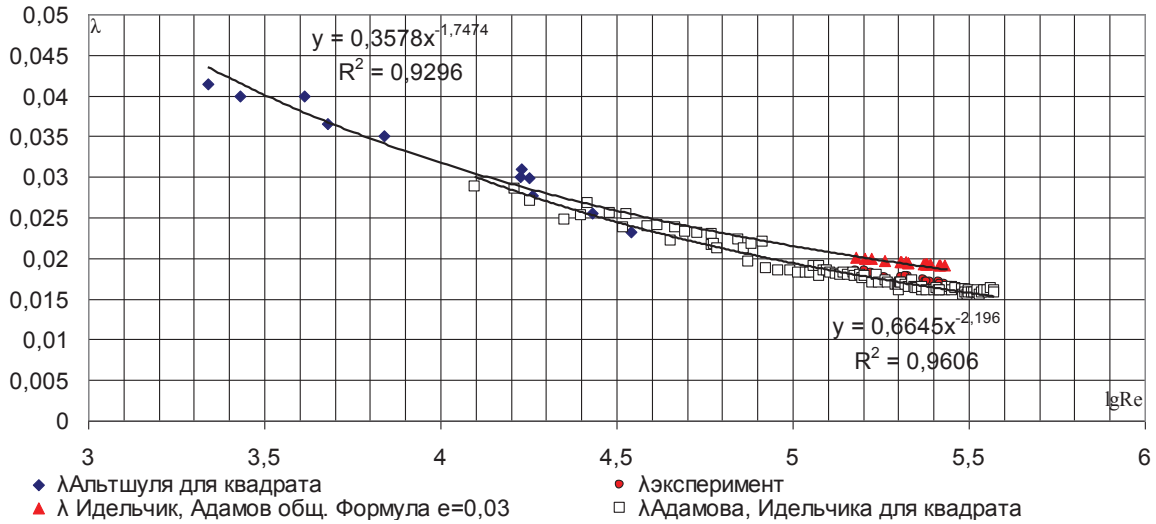

Рис. 2. **График зависимости $\lambda = f(\lg Re)$ экспериментальных данных автора и данных И.Е. Идельчика и А.Г. Адамова для квадратных труб**

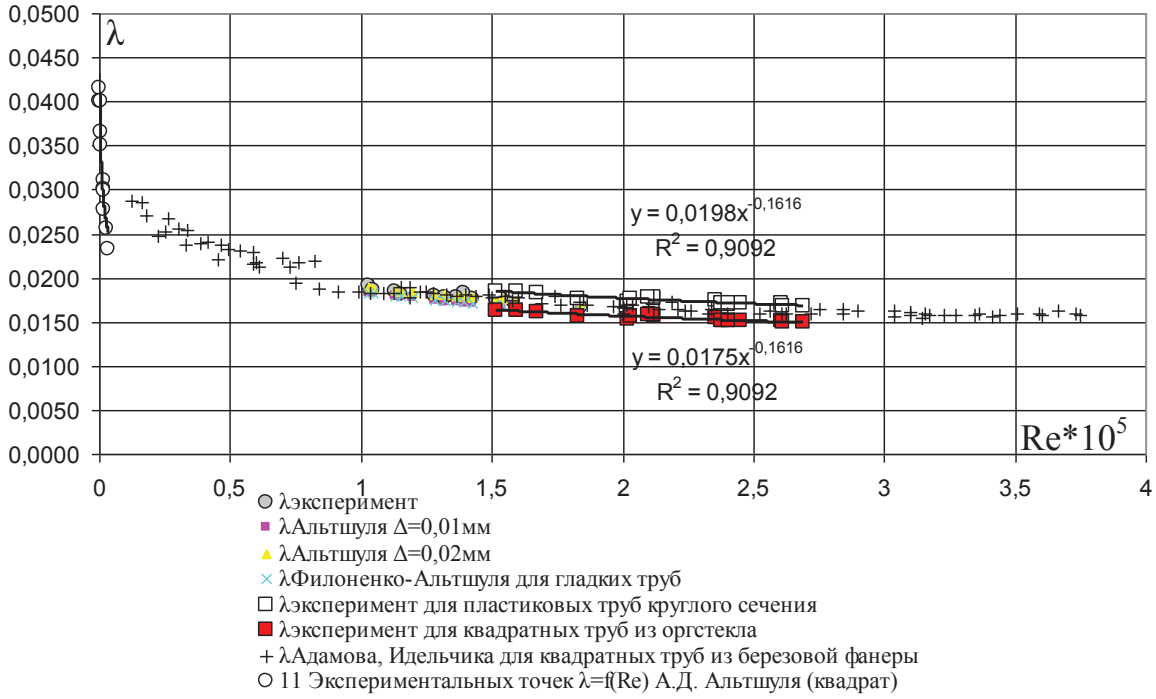

Рис. 3. **Сравнение экспериментальных данных коэффициентов гидравлического трения с данными других авторов, при расходе на модели $d_э \times d_э = 9,6 \times 9,6$ *см***

Библиографический список

1. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления: учебник: 2-е изд., перераб. и доп. / А.Д. Альшуль. – М.: Недра, 1982. – 224 с.

2. Жабо В.В., Уваров В.В. Гидравлика и насосы: учеб. для энерг. и энергостроит. техникумов: 2-е изд., перераб. / В.В. Жабо, В.В. Уваров. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 327 с.

3. Справочник по расчетам гидравлических и вентиляционных систем / И.Г. Грачев, В.М. Низовцев, С.Ю. Пирогов, Н.П. Савищенко, А.С. Юрьев. – СПб.: АНО НПО «Мир и семья», 2001. – 1154 с.

4. Ковалев-Кривоносов П.А. Рекомендации по компоновке отводов и арматуры в составе блоков и агрегатов судовых систем / П.А. Ковалев-Кривоносов, В.А. Зюбан, М.-Р.А. Умбрасас // Сб. НТО им. А.Н. Крылова. – Вып. 285. – Л.: Судостроение, 1979.

5. Адамов Г.А., Идельчик И.Е. Экспериментальное исследование сопротивления фанерных труб круглого и квадратного сечений при вполне развившемся турбулентном течении: Труды МАП № 670 / Г.А. Адамов, И.Е. Идельчик. – М, 1948. – 27 с.

6. Адамов Г.А., Идельчик И.Е. Экспериментальное исследование турбулен-

тного течения в начальных участках прямых труб круглого и квадратного сечений: Технические отчеты МАП № 124 / Г.А. Адамов, И.Е. Идельчик. – М., 1948. – 14 с.

7. Казеннов В.В., Мишуев А.В. Гидравлические сопротивления напорных водоводов электростанций / В.В. Казеннов, А.В. Мишуев // Научно-технический журнал Вестник МГСУ. – 2008. – № 1. – С. 210–215 с.

Материал поступил в редакцию 22.06.2016.

Сведения об авторе

Палиивец Максим Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий в строительстве, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44, Тел.: 8(499)53-97-66, e-mail: maxim6663@mail.ru.

M.S. PALIIVETS
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy», Moscow

ON THE QUESTION OF EXPERIMENTAL DETERMINATION OF HYDRAULIC COEFFICIENT OF FRICTION IN PRESSURE CONDUITS OF SQUARE SECTION

Now more than two thousand scientific works devoted to hydraulic resistances of pressure flows are known. Researches of hydraulic friction coefficient in round and rectangular pipes were made by domestic and foreign researchers long ago, and the problem of determination of hydraulic friction coefficient that is one of the most difficult problems of fluid mechanics which hasn't been solved theoretically yet. The article presents the results of experimental researches of the kinematic flow structure and hydraulic friction coefficient of pressure conduits of a square cross-section. Experimentally the hydraulic coefficient of friction was defined according to the known method on the equivalent length of the conduit, and after the regression analysis of values of the Darcy coefficient the obtained data of the author were compared with the data of other famous researchers on concrete conduits.

Pressure conduit, flow speed, consumption, hydraulic coefficient of friction (Darcy coefficient), head loss along the length, wetted perimeter, equivalent diameter on the square, hydraulic diameter, relative roughness.

References

1. Aljtshulj A.D. Gydravlichrskiye soprotivleniya: uchebnik: 2-e izd., pererab. I dop. / A.D. Aljtshulj. – M.: Nedra, 1982. – 224 s.

2. Zhabo V.V., Uvarov V.V. Gydravlika i nasosy: ucheb. Dlya energy. i energostroit. tehnikumov: 2-e izd., pererab. / V.V. Zhabo, V.V. Uvarov. – M.: Energoatomizdat, 1984. – 327 s.

3. Spravochnik po raschetam gidravlicheskih i ventilyatsionnyh sistem / I.G. Grachev, V.M. Nizovtsev, S. Yu. Pirogov, N.P. Savishchenko, A.S. Yurjev. – SPb.: ANO NPO «Mir i semja», 2001. – 1154 s.

4. Kovalev-Krivonosov P.A. Recomendatsii po komponovke otvodov I armatury v sostave blokov I agregatov sudovyh system / P.A. Kovalev-Krivonosov, V.A. Zyuban, M.-R.A. Umbrasas // Sb. NTO im. A.N. Krylova. – Vyp. 285. – L.: Sudostrojenije, 1979.

5. Adamov G.A., Ideljchik I.E. Experimentaljnoje issledovaniye soprotivleniya fanernyh trub kruglogo i kvadratnogo sechenij pri vpolne razvivshemsya turbuletnom techenii: Trudy MAP № 670 / G.A. Adamov, I.E. Ideljchik. – M., 1948. – 27 s.

6. Adamov G.A., Ideljchik I.E. Experimentaljnoje issledovaniye turbuletnogo techenia v nachaljnyh uchastkah pryamyh trub kruglogo i kvadratnogo sechenij: Tehnicheskie otchety MAP № 124 / G.A. Adamov, I.E. Ideljchik. – M, 1948. – 14 s.

7. Kazennov V.V., Mishuev A.V. Gydravlichrskiye soprotivleniya napornyh vodovodov electrostantsij / V.V. Kazennov, A.V. Mishuev // Nauchno-tehnicheskij zhurnal Vestnik MGSU. – 2008. – № 1. – S. 210–215 s.

The material was received at the editorial office 22.06.2016.

Information about the author

Paliivets Maxim Sergeyevich, Candidate of Technical Sciences, the associate professor of the chair of information

technologies in construction, Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy», 127550, Moscow, st. Boljshaya Academicheskaya, 44, Phone number: 8(499)153-97-66, e-mail: maxim6663@mail.ru.

УДК 502/504:628.16

И.М. САВКОВ, С.Л. ЗАХАРОВ
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева

МЕТОД ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ПРИ ПОМОЩИ УЛЬТРА- И МИКРОФИЛЬТРАЦИИ

Проблемы очистки водных сред имеют место в настоящее время практически во всех областях человеческой деятельности. Наиболее остро они встают в энергетике, пищевой промышленности, биотехнологии, химической промышленности и хозяйственно-питьевом водоснабжении. Надежность и стабильность работы мембранных установок по получению, в частности, питающей воды котлов высокого давления в энергетике во многом зависят от качества предподготовки воды перед стадией обратного осмоса (ОО). Микрофильтрация (МФ) и ультрафильтрация (УФ) позволяют снизить потребность в мембранах для ОО установки на 20% (иногда и выше), а также упростить процесс предварительной очистки, в результате чего снижаются эксплуатационные расходы на установки. Как установлено, непрерывная МФ и УФ более экономичны в сравнении с традиционными методами предварительной очистки на весь срок службы, особенно в тех случаях, когда исходная вода в высокой степени загрязнена взвешенными твердыми веществами и коллоидами [1].

Обратный осмос, нанофильтрации, ультрафильтрации, микрофильтрация, нанопористые мембраны.

Введение. В последние годы в мировой практике в некоторых крупных установках применяются интегрированные мембранные системы (IMS), сочетающие микрофильтрацию (МФ) или ультрафильтрацию (УФ) с обратным осмосом (ОО) или нанофильтрацией (НФ) для достижения более высокого качества для ОО/НФ с точки зрения мутности, показателя плотности ила (SDI) и биологического контроля, обеспечивая получение воды с пониженным потенциалом загрязнения для ОО/НФ мембран [2].

Таким образом создается возможность работы с более совершенными установками и сниженными удельными издержками.

На сегодняшний день существуют следующие варианты:

– традиционная предварительная очистка и ОО или НФ;

– IMS: непрерывная МФ или УФ в сочетании с ОО или НФ.

Использование УФ и МФ мембран обуславливается их химической и физической стойкостью, но размеры пор велики для использования в качестве заключительной стадии очистки, поэтому измерение их селективности возможно по малому количеству характеристик воды. При этом возможность их очистки и вторичное использование, ставят их на ряд выше традиционной предварительной очистки. Замена классической схемы предочистки на предлагаемую позволяет исключить использование химических реагентов, автоматизировать процесс, снизить капитальные и эксплуатационные затраты, повышение качества подаваемой на нанофильтрационный или обратноосмотический модуль воды, для повышения эксплуатационного срока службы [2].

Материалы и методы исследований. Наиболее распространенными типами мембран, следующими за МФ и УФ, являются традиционные ОО элементы, НФ и ОО элементы с низкой энергоемкостью.

Данная тенденция для интегральных мембранных систем обусловлена, главным образом, осуществимостью процесса, надежностью процесса, наличием работающих установок, модульностью и низкими эксплуатационными расходами. Непрерывная МФ и УФ позволяют осуществлять более высокий контроль за качеством исходной воды для ОО, в результате интервалы чистки ОО мембран сокращаются [2].

МФ и УФ позволяют снизить потребность в мембранах для ОО установки на 20% (иногда и выше), а также упростить процесс предварительной очистки, в результате чего снижаются эксплуатационные расходы на установки. Как установлено, непрерывная МФ и УФ более экономичны в сравнении с традиционными методами предварительной очистки на весь срок службы, особенно в тех случаях, когда исходная вода в высокой степени загрязнена взвешенными твердыми веществами и коллоидами.

Кроме того, непрерывная МФ и УФ повышают эффективность удаления нежелательных соединений. Они высокоэффективны для удаления частиц и мутности. Уровень мутности можно снизить до значений ниже 0,1 ЕМФ (единиц мутности). Основной целью данной работы является создание модельной пилотной установки для проверки эффективности работы различных мембран.

Процессы непрерывной МФ и УФ эффективны для удаления бактерий, кишечных палочек и прочих микробиологических веществ. УФ также способна удалять многие вирусы. МФ и УФ не очень эффективны для удаления побочных продуктов дезинфекции и растворенных веществ в общем, и обладают ограниченной способностью при удалении органических веществ.

Для повышения эффективности мембранных процессов можно также использовать добавку коагулянта или активированного порошкового углерода.

В настоящее время в промышленности существуют два способа фильтрации жидкостей с использованием мембранной технологии:

1-тупиковая фильтрация без промывки (например, на гофропатронах);

2-фильтрация в проточном режиме (например, на рулонных элементах для ультрафильтрации, обратного осмоса, нанофильтрации).

Тупиковая фильтрация хотя и энергоэкономична, но ресурс работы фильтрующего элемента невелик.

Напротив, фильтрация в проточном режиме обеспечивает значительно больший ресурс работы элемента (по крайней мере на порядок), но и значительно большую энергоемкость.

В связи с этим весьма привлекательным и перспективным представлялось создание такого фильтрующего элемента и технологии его применения, которое позволило бы объединить положительные стороны вышеупомянутых процессов фильтрации.

В результате проведенных исследований разработан фильтрующий элемент и технология его применения, позволяющая получать не менее 95% очищенной воды из исходного потока, при этом 5% используются на гидродинамическую регенерацию фильтра.

На созданной модельной установке были (рис. 1) проведены исследования в ручном и автоматическом режиме с широким диапазоном варьирования параметров процесса (рабочего давления при фильтрации, обратноточных промывках и прямоточных продувках, времени фильтрации, времени и объема воды и воздуха при промывке-продувке).

Рис. 1. **Модельная установка**

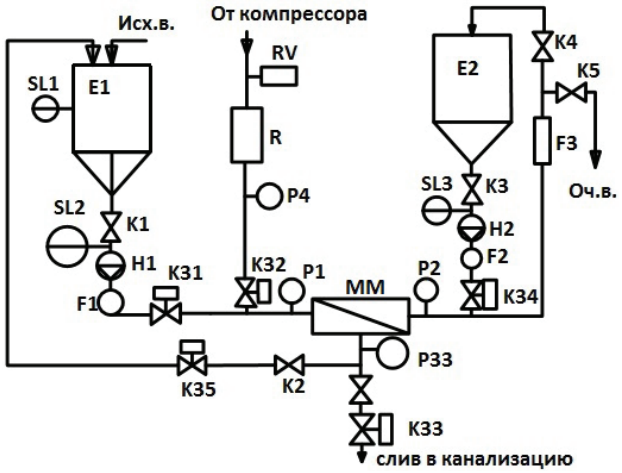

Рис. 2. **Технологическая схема установки**

E1 – емкость исходной воды;
E2 – емкость очищенной воды;
H1,2 – насос; F1,2 – ротаметр; F3 – расходометр;
R – воздушный ресивер; RV – реле давления воздуха; RED – воздушный редуктор;
MM – мебранный модуль; P1,2,3,4 – манометр;
SL1 – сигнализатор уровня; SL2,3 – датчик «сухого хода»; K1,2,3,4,5 – шаровой кран;
K31,32,33,34,35 – электромагнитный клапан

Исходная водная среда подается в емкость Е1 (подача может осуществляться и прямо из питающей магистрали), откуда под давлением 0,5–2 атм под действием насоса Н1 подается на мембранный модуль ММ. Получаемый фильтрат (очищенная вода) через открытые клапаны К4 и К5 поступает в емкость Е2 (используется при обратноточной промывке) и потребителю.

Оставшаяся вода через открытый клапан К2 поступает в приемную емкость Е1 (при ее отсутствии – на линию подачи исходной воды перед насосом Н1). Это, так называемый, «рабочий» цикл фильтрации, при котором клапаны К32 и К34 закрыты. Рабочий цикл длится 20–60 мин, после чего наступает цикл промывки элемента и удаления накопившейся в рециркуляционном контуре загрязнений. При этом насос Н1 выключается, клапаны К31, К2, К5, К4 закрываются. Открываются клапаны К34, К33, включается насос Н2, часть фильтрата, накопленного в емкости Е2 подается противотоком внутрь фильтрующего элемента, грязь с поверхности мембраны поднимается и частично уносится в канализацию. Это первый этап регенерации, длящийся 4–10 секунд. После этого насос Н2 выключается клапан К34 закрывается, открывается клапан К31, включается насос Н1, открывается клапан К32, через который в жидкость, подающуюся на элемент для его прямоточной промывки впрыскивается сжатый воздух для образования водо-воздушной смеси, вытесняющий из объема элемента все загрязнения, накопившиеся за «рабочий» цикл.

Второй этап регенерации длится также 4–10 секунд.

Для повышения эффективности регенерации этапы 1 и 2 повторяются трижды.

Таким образом, на регенерацию затрачивается 30–60 секунд. При этом, как уже отмечалось, на весь цикл регенерации расходуется около 5% исходной воды (в описанном случае – 2,5% полученного фильтрата и 2,5% исходной воды).

В таблице 1 представлены результаты демонстрационных испытаний в цехе химводоподготовки ТЭЦ-23 (г. Москва), проведенные совместно с ГУП ВНИИАМ (г. Москва) на модельной установке (рис. 1). В фильтрующих элементах в первом случае использовалась трековая лавсановая мембрана производства ЗАО НТЦ «Владипор» с размером пор 1 мкм, во втором случае – полимерная мембрана на основе регенерированной целлюлозы с размером пор 0,2 мкм. При этом мутность фильтрата в первом случае не превышала 0,25 мг/л при исходной мутности до 10 мг/л по каолину, во втором – не превышала 0,15 мг/л, что позволяло сделать вывод дальнее использование фильтрата, увеличивало стабильность работы НФ и ОО фильтрующих элементов, и уменьшение эксплуатационных затрат (промывки элементов, их замена в связи с осаждением коллоидных частиц на поверхность мембраны).

Таблица 1

Результаты испытаний микрофильтрационныхэлементов на ТЭЦ 23

Трековая мембрана, 1 мкм

Расход фильтрата, л	Производительность, л/час	Селективность, по мутности, %	Мутность фильтрата мг/л по каолину	Мутность исходной воды мг/л по каолину
86	180	97,5	0,25	10
90	164	89	0,2	6,3
100	190	67	0,2	0,6
105	220	60	0,2	0,5
280	200	87,9	0,25	2,05
120	190	87,8	0,25	2,05
130	190	80	0,25	1,2

Давление при фильтрации – 0,5–0,6 атм.

МЦМ мембрана, 0,2 мкм

150	140	60	0,15	0,35
100	230	60	0,1	0,25

Давление при фильтрации – 0,5 атм.

В таблице 2 представлены результаты работы элемента на основе трековой мембраны (1 мкм) по очистке водопроводной воды г. Владимира.

На данном элементе было получено 9 м^3 фильтрата (эффективная поверхность мембраны – около 1 м^2), после этого элемент вскрыт для визуального определения количества загрязнений на поверхности мембраны. Загрязнения оказались совсем незначительными, что подтверждают приведенные в таблице данные по эффективности производившейся гидродинамической регенерации (см. значения «производительность до промывки» и «производительность после промывки» по мере получения фильтрата).

После вскрытия элемента обнаружены незначительные следы загрязнения поверхности мембраны.

Результаты исследований и их обсуждение. На рисунке 3 для наглядности графически представлен фрагмент работы фильтрующего элемента по очистке водопроводной воды г. Владимира на основе мембраны из регенерированной целлюлозы с размером пор 0,2–0,3 мкм в режиме поперечноточной фильтрации Кросс-Флоу (рис. 4). При эксплуатации элемента селективность по мутности практически не изменяется (незначительные колебания связаны с изменением состава исходной воды), измерения проводились фотометрическим методом определения мутности. Средняя производительность медленно снижается, что говорит о все-таки не о 100%-ой регенерации элемента гидродинамическими промывками-продувками. Поэтому, периодически (в среднем 1 раз в месяц) следует осуществлять химическую мойку щелочными агентами для удаления органических отложений и/или кислотную для очистки мембраны от коллоидной гидроокиси железа. При использовании данного процесса в пищевой промышленности во время первого этапа регенерации (обратноточная промывка фильтратом) следует предусмотреть периодический впрыск гипохлорита натрия для дезинфекции.

Таблица 2

Результаты испытаний фильтрующего элемента «Трековая лавсановая мембрана», 1 мкм по водопроводной воде г. Владимира

Рабочее давление, атм	Количество полученного фильтрата, л	Производительность до промывки, л/ч	Производительность после промывки, л/ч	Мутность исходной воды, мг/л по каолину	Селективность по мутности, %
1,0	2000	211	240	1,58	83,5
1,5	3000	211	276	1,52	91,3
1,5	4000	180	257	0,93	90,6
1,5	5000	199	211		
1,5	6000	200	257		
1,0	7000	189	225		
1,0	8000	198	211		
1,0	9000	189	225	1,33	85,6

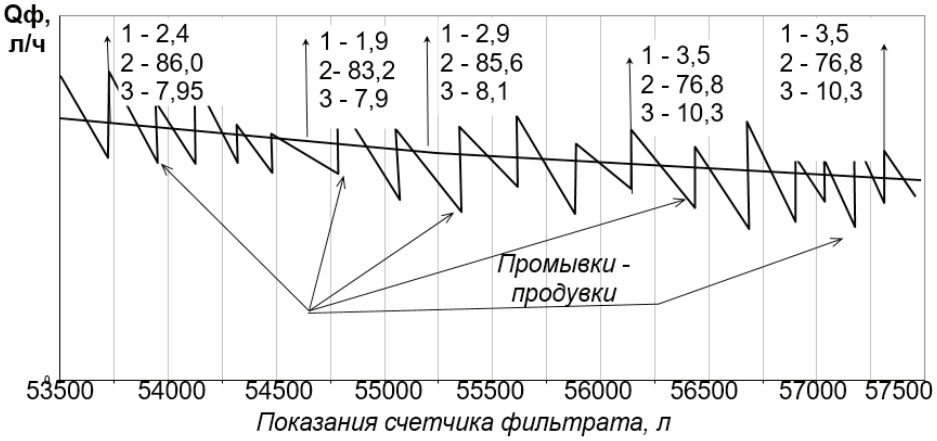

Рис. 3. **Зависимость производительности элемента от количества отфильтрованной воды в режиме «Кросс-флоу» с циклическими промывками (размер пор 0,2–0,3 мкм):** 1 – мутность воды, мг/л; 2 – селективность,%; 3 – мутность промывной воды, мг/л по каолину

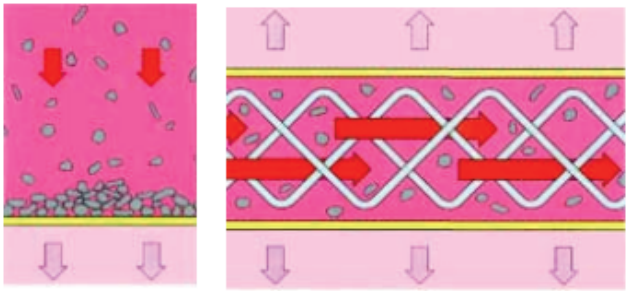

Рис. 4. **Слева – статическая фильтрация под давлением. Справа – динамическая фильтрация Кросс-Флоу**

На основании данных, полученных на модельной установке, где испытывались элементы с активной мембранной поверхностью около 1 м^2, была сконструирована и изготовлена совместно с ЗАО «Роса» (г. Новосибирск) пилотная установка с производительностью по фильтрату 2500 л/ч. Установка укомплектована фильтрующим элементом с площадью активной мембранной поверхности 10 м$^{2.}$ Оборудование установлено на ТЭЦ-2 г. Новосибирска. Источником исходной воды является река Обь. Вода через фильтр грубой очистки (130 мкм, Honeywell) подается на мембранный модуль. Качественные характеристики исходной воды после грубой очистки и селективность мембранного модуля (ММ) представлены в таблице 3 (Химические анализы воды производились ООО «Сибирь Цео» в соответствии с ГОСТ 4979, ГОСТ 24902, ГОСТ 24481).

Как видим из таблицы 3 мембранный модуль ультрафильтр удаляет множество примесей из исходного раствора, но размера пор не хватает для высокой селективности по не которым солям. Основными загрязняющими веществами ОО модуля являются железо и органика, ведь они осаждаются на ОО мембране и способствуют падению производительности ОО модуля. В следствии этого требуется химическая промывка ОО модуля. Ультрафильтр почти полностью удаляет вещества способные в короткий срок вывести из ОО элемент, следовательно, продлевая срок бесперебойной службы интегральной мембранной системы.

Таблица 3

Селективность мембранного модуля по различным химическим составляющим

Химические составляющие исходной воды	Содержание исходного раствора, мг/л	Селективность, ММ%	Содержание в фильтрате, мг/л
железо	87	95	4
марганец	0,6	50	0,3
магний	13	10	11,5
медь	0,6	34	0,396
кальций	31	67	10,23
натрий	18	70	5,4
калий	9	50	4,5
сульфаты	0,8	36	0,512
полисиликаты	23	90	2,3
органика	123	99	1,23

Для регенерации фильтра в обоих этапах используется фильтрат, т.е. очищенная вода. Установка оборудована четырьмя поплавковыми расходомерами, показывающими расход исходной воды, рециркулирующей жидкости, воды, используемой для обратноточной промывки, и воздуха.

В полностью автоматическом режиме в течение 4-х месяцев производительность установки поддерживается в диапазоне 2500 л/час (начальная производительность фильтроцикла) – 1800 л/час (конечная производительность фильтроцикла). Селективность по мутности в значительной мере зависит от размера частиц, содержащихся в исходной воде, удаляя на 95% все взвеси размером более 1,5 мкм.

Выводы

Как непрерывная МФ, так и УФ способствовали снижению мутности воды более, чем на 90–92%, в то время как с использованием традиционных методов предварительной очистки (осаждение, двойная фильтрация, фильтрация с помощью патронных фильтров) эта цифра составляет в среднем 84%.

С помощью непрерывной МФ и УФ получали воду, соответствующую требованиям нанофильтрационной (НФ) системы со снижением уровня SDI примерно на 75–85%.

Как непрерывная МФ, так и УФ приводили к снижению уровня взвешенных твердых частиц и количества бактерий до уровня, при котором эксплуатация НФ системы становилась возможной в течение 3–5 дней между химическими чистками.

Системы непрерывной МФ/ОО и УФ/ОО менее сложны в природе и, следовательно, они более просты для работы, чем традиционные системы. При использовании традиционных методов предварительной очистки возникают определенные затруднения, особенно потребность в химической чистке каждые 3–5 часов для НФ установки вследствие 30% повышения перепада давления исходного рассола и/или 26% снижения потока пермеата.

Для пилотной установки с непрерывной МФ и УФ потребовалось площади на 25% меньше, чем для высокоэффективной традиционной системы и эта разница должна увеличиться на 30–40% применительно к промышленной установке.

При очистке загрязненных стоков с помощью НФ и/или ОО предварительная очистки с применением мембранной системы (непрерывная МФ или УФ) гораздо предпочтительнее, чем традиционная предварительная очистка (например, флоккуляция, фильтрование и т.п.). Для некоторых стоков инвестиционные расходы и усложненная процедура делают практически неосуществимой или, по крайней мере, непрактичной предварительную очистку исходных потоков в НФ и ОО системы с применением традиционных процессов.

Использование технологии интегральные мембранные системы позволяет решать каждую конкретно задачу с максимальной эффективностью, поскольку, в зависимости от размеров загрязняющих частиц в фильтрующем элементе на стадии предочистки применяется либо МФ мембрана с заданным размером пор, либо УФ мембрана с определенным порогом задержания органических веществ.

Библиографический список

1. Redondo J.A. Brackish-, sea- and wastewater desalination – Desalination № 138 (2001) p. 29–40.

2. Предподготовка воды в энергетике. / В.Г. Дзюбенко, А.И. Бон, Н.И. Солодихин, В.П. Дубяга / Мембраны – 2004. Тезисы Всероссийской научной конференции. – М.: Владимир, 2004. – С. 52.

Материал поступил в редакцию 15.03.2016.

Сведения об авторах

Савков Иван Михайлович, научный сотрудник; ЗАО Научно-технический центр «Владипор; 600016 г. Владимир, Большая Нижегородская ул., д. 77. тел.: +79645577799; e-mail: savkovivan21@gmail.com

Захаров Станислав Леонидович, доктор технических наук, профессор кафедры «Стандартизация и инженерно-компьютерная графика»; Российский химико-технологический университет имени Менделеева; 125047 г. Москва, Миусская пл., д.9; тел.: +79150808015; e-mail: staszaharov@yandex.ru.

I.M. SAVKOV, S.L. ZAKHAROV
The Russian chemical – technological university named after D.I. Mendeleev

NEW METHOD OF WATER PREPARATION USING ULTRA- AND MICROFILTRATION

The problems of purification of water media are now present in practically all spheres of human activity. They are the most critical in power engineering, food industry, biotechnology, chemical industry and utility and potable water supply. Reliability and stability of operation of membrane units for getting, in particular, feed water for high pressure boilers in power engineering to a great extent depend on the quality of water pretreatment before the reverse osmosis stage RO). Microfiltration MF and ultrafiltration UF allow to decrease the need in membranes for a RO unit by 20% (sometimes more), and also to simplify the process of pretreatment resulting in reduction of operating expenses for the plants. As it has been found the continuous MF and UF are more economical compared to the traditional methods of pretreatment for the whole life time period, especially in those cases when the initial water is heavily contaminated by suspended solids and colloids [1].

Reverse osmosis; nanofiltration; ultrafiltration; microfiltration nanoporous membranes.

References

1. Redondo J.A. Brackish-, sea- and wastewater desalination. – Desalination № 138 (2001) p. 29–40.

2. Prepodgotovka vody v energetike / V.G. Dzyubenko, A.I. Bon, N.I. Solodokhin, V.P. Dubyaga / Membrany – 2004. Tezisy Vserossijskoj nauchnoj conferentsii. – M.: Vladimir, 2004. – P. 52.

The material was received at the editorial office 15.03.2016.

Information about the authors

Savkov Ivan Mikhailovich, a researcher; ZAO Scientific – technical center «Vladipor»; 600016, Vladimir, Boljshaya Nizhegorodskaya ul., d. 77. tel.: +79645577799; e-mail: savkovivan21@gmail.com

Zakharov Stanislav Leonidovich, doctor of technical sciences, professor of the chair «Standardization and engineering-computer graphics»; The Russian chemical – technological university named after Mendeleev, Miusskaya pl., d. 9; tel.: +79150808015; e-mail: staszaharov@yandex.ru.

УДК 502/504:627.01

Д.Н. ИОНОВ[1], И.И. ГРИЦУК[1,2]

[1] Институт водных проблем РАН, Москва, Россия;

[2] Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТА НАНОСОВ КАК РЕЗУЛЬТАТА ДЕФОРМАЦИИ БЕРЕГОВОГО СКЛОНА, ВКЛЮЧАЮЩЕГО В СЕБЯ МЕРЗЛЫЙ ГРУНТ, НА ЛАБОРАТОРНОЙ МОДЕЛИ

Процессы термоабразии и термоденудации – одни из основных факторов разрушения морских, речных и озерных берегов, сложенных многолетнемерзлыми породами (ММП). Исследование, прогнозирование и моделирование разрушения берегов в криолитозоне вызваны производственной необходимостью и представляют большой научный интерес. Деформации русел северных рек и речных склонов, несмотря на имеющиеся проблемы и высокую важность, в настоящее время изучены мало. Особенностью моделируемых условий является подбор материала берегового склона и параметров волновых процессов по характеристикам подобным натурным. В качестве материала, слагающего модель, использовался карьерный люберецкий песок. Выполнен первый этап исследований деформаций берегов на лабораторной модели, сложенных многолетнемерзлыми грунтами, при воздействии волн с различными характеристиками. Прослеживается взаимосвязь между объемами деформаций, их параметрами и волновыми характеристиками. Также выявлена прямая зависимость механизма формирования склона от критериев волновых воздействий.

Транспорт наносов, параметры волнения, деформации берегов, многолетнемерзлые грунты, экспериментальные исследования, лабораторная модель.

Введение. Водный поток в реках вызывает перенос осадка, и соотношение между параметрами потока (направление, скорость, глубина) и количеством переносимого материала является очень интересными и в то же время сложным явлением, что имеет несколько принципиально важных инженерных аспектов: например, эрозии вокруг структур, повторного заполнения очищенных каналов или резервуаров, эрозии в нижних бьефах водохранилищ, морфологические изменения в реках и т.п.

Общий транспорт наносов разделяется на следующие типы:

- влекомые наносы являются той частью осадка, которая относительно непрерывно взаимодействует с дном;
- сальтирующие наносы состоят из очень мелких частиц, которые перемещаются водой, но со дна не поднимаются;
- взвешенные наносы с дном не взаимодействуют.

Возникновение рифелей увеличивает донное напряжение трения, и эта группа наносов обуславливается общим напряжением трения.

Общий транспорт наносов состоит из сложного взаимодействия между много-

численными взаимосвязанными переменными. Теоретические подходы в исследовании транспорта наносов основаны на упрощенных и идеализированных предположениях. Эмпирические методы подчеркивают только определенное число параметров, которые, как полагают их разработчики, являются более уместными. Поэтому применимость уравнения для оценки общего транспорта наносов при натурных экспериментах на реках полагается не только на теоретические формулировки, но также и на данные, используемые в его развитии и калибровке. В прошлом большое количество уравнений транспорта осадка было развито с использованием данных, полученных из лабораторных экспериментов с мелкими потоками.

Совокупностью поступления наносов и транспортирующей способности потока является расход наносов. Расход наносов может быть больше поступления наносов сверху лишь при эрозии, иначе дополнительному количеству наносов просто неоткуда взяться. С другой стороны, расход наносов не может быть больше, чем транспортирующая способность потока (по определению).

В зарегулированных реках при установившемся режиме донные наносы перемещаются грядами и не очень активно переходят во взвешенное состояние, а те наносы, которые поступают в большом количестве в русло извне во взвешенном состоянии, чаще всего переносятся транзитом. Однако при попусках с гидроузлов картина кардинально меняется. К тем наносам, которые поступают в большом количестве в русло извне во взвешенном состоянии, добавляется приличное количество наносов, поднятых волной, т.е. те наносы, которые обычно переносятся грядами. Перемещение гряд и размывы происходят активнее.

Ряд ученых, таких, как Энгелунд и Хансен, Экерс и Вайт, Ван Рейн [4] и Альберт Молинас [6], провел серии экспериментов и исследований по выявлению формул и критериев, наиболее подходящих для вычисления общего расхода наносов.

Энгелунд и Хансон [4] первоначально получили формулу для вычисления придонного переноса по дюнам в однонаправленном потоке путем рассмотрения баланса энергии для переноса. Позже эта формула была использована для вычисления полного переноса наносов при возмущениях, а также введены модификации для вычисления приливно-отливных волн (Ван Де Графф и Ван Оверим). Однако их теория, когда относится к смеси наносов, содержащих большое количество средних фракций, имеет ограничения:

$$q_t = V \frac{0{,}05 C \tau_{b,wc}^2}{(s-1)^2 d_{50} \rho^2 g^{5/2}}. \qquad (1)$$

Также Энгелунд и Хансон [5] развили формулу для вычисления донного переноса наносов потоком. Эта формула позже использовалась для вычисления переноса наносов при волнении. Для вычисления вдольберегового переноса она имеет следующий вид:

$$q_t = V \frac{0{,}05 C \tau_{b,wc}^2 \left[1 + \frac{1}{2}\left(\xi \frac{u_0}{V}\right)^2\right]^2}{(s-1)^2 d_{50} \rho^2 g^{5/2}}. \qquad (2)$$

Экерс и Вайт [4] развивали полную теорию для крупных и средних наносов в однонаправленном потоке. Крупные наносы, как они предполагали, перемещаются перекатыванием, тогда как средние наносы перемещаются за счет вихрей. Эмпирические коэффициенты в формуле Экерса и Вайта были получены по данным лабораторных и натурных экспериментов.

Подобно Энгелунду и Хансону формула, предложенная Экерсом и Вайтом, первоначально была предложена для расчета общего расхода наносов потоком, но была позже модифицирована Ван Де Граффом и Ваном Овером для описания волнового переноса:

$$q_t = V \frac{1}{1-p} d_{35} \left(\frac{V}{V_*}\right)^n \frac{C_{d,gr}}{A^m} \left(F_C - A\right)^m. \qquad (3)$$

Для донных наносов Ван Рейн использовал подход Бэгнольда, предполагающего, что частицы наносов, подскакивающие под влиянием гидродинамических сил и силы их веса, определяют движение частиц наносов в придонной области. Особенности сальтации частиц были определены путем решения уравнения движения для индивидуальной частицы наноса. Расход донных наносов вычисляется как произведение между концентрацией движущихся наносов c_b, скорости частицы u_b и толщины слоя наносов δ_b:

$$q_b = c_b u_b \delta_b. \qquad (4)$$

Формула Ван Рейна [4] наиболее согласована с данными, полученными в результате экспериментов с волновым и направленным потоком. Удовлетворительные результаты для всех условий, кроме условий волнового потока, показала формула Экерса и Вайта. Существенные расхождения с данными экспериментов показала формула предложенная Энгелундом и Хансоном.

Таким образом, в настоящее время не существует формула для расчета транспорта наносов, учитывающей все различные факторы включая волновые процессы.

Материал и методы исследования. В рамках настоящего исследования был выполнен ряд экспериментальных работ на лабораторной модели сложенной мерзлыми грунтами. Исследования проводились в открытом гидравлическом лотке (далее – лоток) лаборатории «Гидрологической и технической безопасности гидросооружений» кафедры «Гидравлики и гидротехнических сооружений» инженерного факультета Российского университета дружбы народов.

В качестве материала, слагающего модель использовался карьерный люберецкий песок естественного состояния крупностью d_{50} = 0,20 мм. Надводная часть модели берегового склона выдерживалась в морозильной камере при температуре –18 °С в течение 24 ч, а параметры назначались в соответствии с представленными ниже схемами (рис. 1).

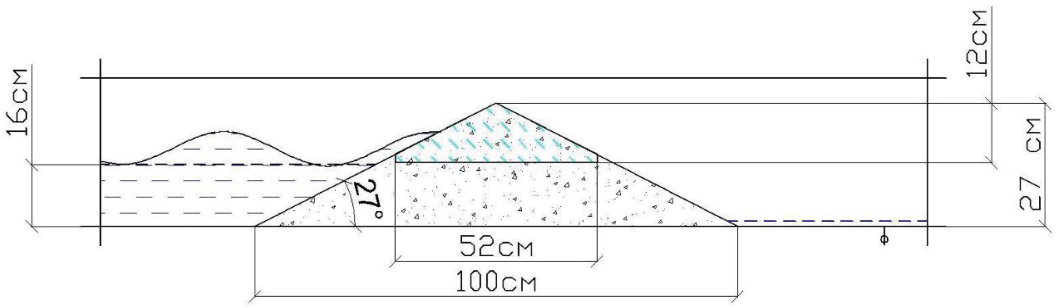

Рис. 1. **Схема гидравлической модели**

Лоток циркуляционного типа с возможностью изменения уклона дна в сечении имеет прямоугольную форму и оснащён программируемым волнопродуктором. Его длина составляет 16,0 м, ширина – 0,3 м, высота стенок – 0,4 м.

Модель представляет собой отсыпку из песка крупностью d50 = 0,20 мм с углами откосов 27°. Ее габариты: высота – 27 см, длина в основании – 100 см, ширина – 30 см. Глубина воды перед моделью составляет 16 см. Для экспериментов с замороженным грунтом верхняя часть модели (12 см от её общей высоты) выдерживалась в морозильной камере в течение 24 ч при температуре –18 °С, предварительно грунт увлажнялся, после чего замороженная часть устанавливалась на нижнюю, заранее отсыпанную в лотке часть модели. Для экспериментов с грунтами, имеющими положительные температуры, модель формировалась увлажненным грунтом на всю высоту (27 см) непосредственно в самом лотке (рис. 2).

По результатам первого этапа исследований на лабораторной модели было проведено более 40 экспериментов с целью определения оптимальных волновых и модельных параметров, а также методики эксперимента в целом. В результате анализа результатов предварительных экспериментов были определены наиболее подходящие для целей исследования волновые характеристики, на основании которых выполнены чистовые эксперименты. Следует отметить, что повторяемость результатов одного эксперимента достаточно высокая, а разница показаний между экспериментами, проведенными при одинаковых волновых и модельных параметрах, варьируется от 1 до 4%.

В качестве вспомогательного элемента для визуальной оценки модели и проводимого на ней эксперимента был выполнен прозрачный шаблон модели, разлинованный ячейкой 5х5 см, который размещался непосредственно на стенке лотка в месте расположения модели (рис. 3).

Результаты и обсуждения. По данным экспериментов построены кривые и установлены зависимости для объема деформации модели и общего фильтрационного режима от волновых параметров (рис. 4, 5).

Рис. 2. **Общий вид экспериментальной установки и модели**

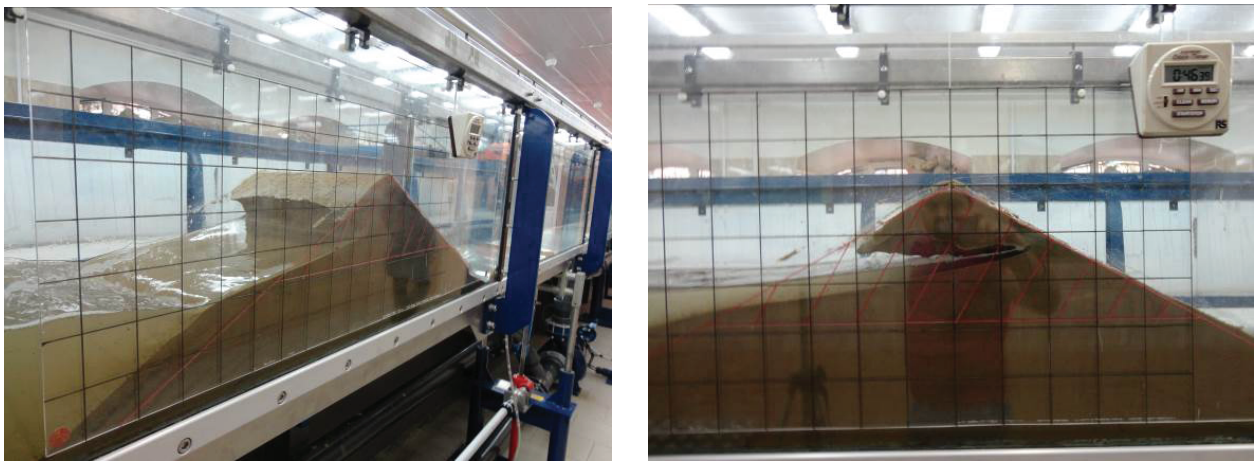

Рис. 3. **Процесс деформации модели в ходе эксперимента. Верхняя часть модели выдержана в морозильной камере при температуре –18°С**

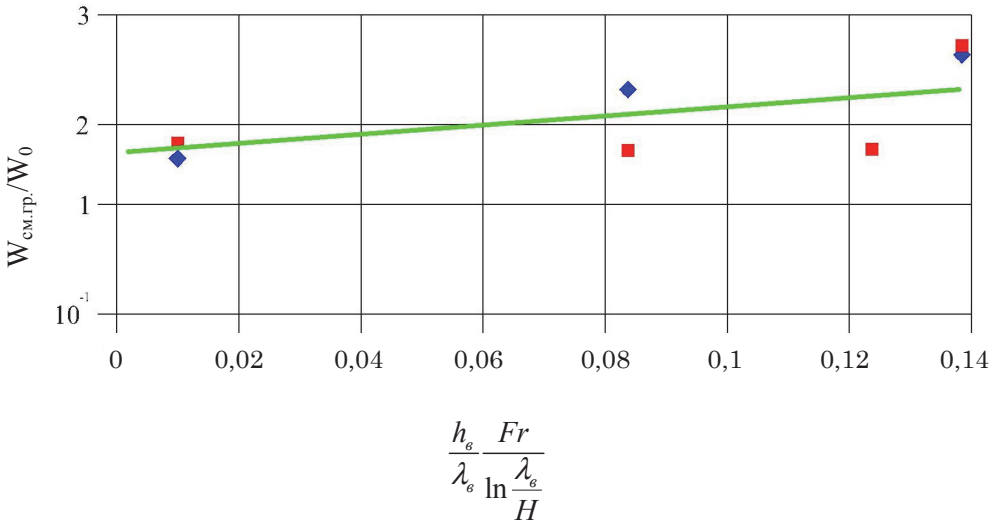

Рис. 4. **График зависимости объема деформации мерзлого и немерзлого грунтов моделируемого склона при волновом воздействии**

Относительный объем деформации мерзлого и немерзлого грунтов склона при волновом воздействии можно аппроксимировать соотношением (5):

$$\frac{W_{см.гр.}}{W_0} = \frac{1}{4}\left(\frac{h_в}{\lambda_в}\frac{Fr}{\ln\frac{\lambda_в}{H}}\right)^{\frac{1}{15}}, \qquad (5)$$

где $W_{см.гр}$ – объем грунта смытого в процессе эксперимента; W_0 – общий объем грунта размываемой модели (до начала эксперимента); $h_в$ – высота волны; $\lambda_в$ – длина волны; H – глубина воды перед моделируемой отсыпкой; $Fr = \frac{V^2}{gh_в}$, где V – скорость набегания волны на верховой откос модели.

Зависимость объема фильтрации от влияния волнового воздействия можно аппроксимировать соотношением (6) для мерзлого и (7) немерзлого грунтов:

$$\frac{W_{фил.}}{W_{наб}} = 3,3\cdot 10^2\left(\frac{h_в}{\lambda_в}\frac{\omega\cdot Fr}{\sqrt{gH}\ln\frac{\lambda_в}{H}}\right)^{-\frac{2}{3}}, \qquad (6)$$

$$\frac{W_{фил.}}{W_{наб}} = 0,82\left(\frac{h_в}{\lambda_в}\frac{\omega\cdot Fr}{\sqrt{gH}\ln\frac{\lambda_в}{H}}\right)^{\frac{1}{6}}, \qquad (7)$$

где $W_{фил}$ – фильтрационный расход через тело модели; $W_{наб}$ – объем набегающей волны; $h_в$ – высота волны; $\lambda_в$ – длина волны; H – глубина воды перед моделируемой отсыпкой; ω – гидравлическая крупность; Fr $\frac{}{gh_в}$, где V – скорость набегания волны на верховой откос модели.

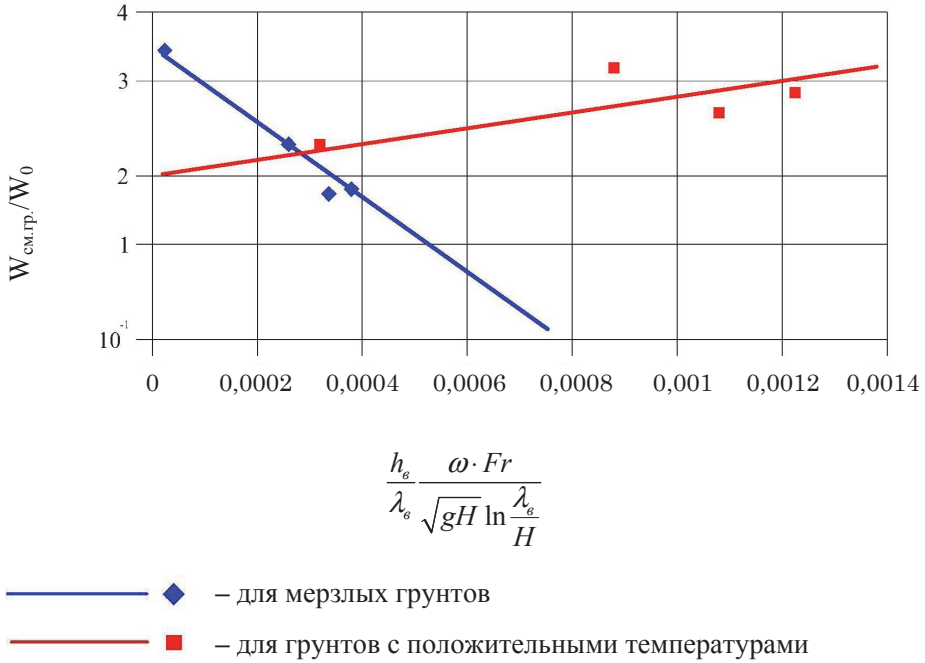

Рис. 5. **График зависимости объема фильтрации от волновых параметров**

Выводы

1. Проведенные экспериментальные исследования на лабораторной модели показали, что размыв тела моделируемой откоса, сложенного грунтом с отрицательной температурой, при возникновении волновых явлений происходит интенсивнее, чем при прочих равных условиях откоса сложенного песком с положительной температурой.

2. Объем деформации мерзлой модели в среднем на 27% превышает объем деформации модели, сложенной грунтом с положительной температурой.

3. Серии экспериментов показали, что моделирование волновых процессов и возникающих в результате этих воздействий деформаций достаточно с большой долей достоверности описывает естественные процессы переформирования берегового склона и переноса наносов.

4. Результаты указанных в статье исследований позволяют разработать физико-математическую модель трансформации береговых склонов под воздействием волновых процессов, имеющую в отличие от приведенных выше физический смысл. Ранее подобная фундаментальная проблема не ставилась, однако известны эти явления и их последствия, часто приводящие к катастрофам.

5. Результаты работы могут найти широкое применение в области проектирования, строительства и эксплуатации сооружений на шельфе, гидротехнических сооружений транспортной и энергетической отраслей.

Библиографический список

1. Дебольская Е.И. Динамика водных потоков с ледяным покровом. – М.: МГУП, 2003. – 279 с.

2. Дебольский В.К., Зайдлер Р., Массель С. Динамика русловых потоков и литодинамика прибрежной зоны моря. – М.: Наука, 1994. – 303 с.

3. Лабораторное исследование деформаций берегового склона, включающего мерзлый грунт / В.К. Дебольский, Д.Н. Ионов, И.И. Грицук, Н.К. Пономарёв, Е.К. Синиченко // Вестник РУДН. – 2015. – № 2. – С. 25–31.

4. Bayram A. Cross-shore distridution of longshore sediment transport: comparison between predictive formulas and field measurements / A. Bayram, M. Larsen, H.C. Miller, N.C. Kraus // Coastal Engineering, 44. 2001. P. 79–99.

5. Engelund F. Dispersion of floating particles in uniform channel flow / F. Engelund // J. Hydraul. Div., Proc. ASCE. Vol. 95. № 4. 1969.

6. Molinas A. Transport of sediment in large sand-bed rivers / A. Molinas // J. of Hydraulic Research. Vol. 39. № 2. 2001.

Материал поступил в редакцию 23.03.2016.

Сведения об авторах

Ионов Дмитрий Николаевич (Ionov Dmitriy Nikolaevich), инженер; Институт водных проблем РАН; 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3; тел.: 8 (499) 135–72–01; e-mail: dima_ionov@mail.ru

Грицук Илья Игоревич[1,2] (Gritsuk Ilya Igorevich), [1] кандидат технических наук, старший научный сотрудник; Институт водных проблем РАН; 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3; кандидат технических наук, доцент[2]; Российский университет дружбы народов; 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; тел.: 8(499)135-72-01, e-mail: grizli2881@mail.ru

D.N. IONOV, I.I. GRITSUK
Institute of water problems
Russian university of peoples' friendship

INVESTIGATION OF SEDIMENTS TRANSPORT AS A RESULT OF SHORE SLOPE DEFORMATION INCLUDING PERMAFROST ON THE LABORATORY MODEL

Processes of thermal abrasion and thermal denudation are ones of the main factors of destruction of sea, river and lake shores formed by permafrost soils (PFS). The research, forecasting and modeling of coasts destruction in the cryolite zone are caused by the operational needs and are of great scientific interest. Deformation of channels of northern rivers and river slopes despite the existing problems and high importance, now have been studied not enough. The specific feature of the modeled conditions is selection of the material of the shore slope and parameters of wave processes according to the characteristics similar to the natural ones. The Lyubertsy career sand was used as the material for model. The first stage of investigations of shores deformations on the laboratory model formed by permafrost soils under the influence of waves with different characteristics was fulfilled. The interconnection is evident between the volumes of deformations, their parameters and wave characteristics. It is evidence of the relationship between the amount of strain, their parameters and wave characteristics. There is also found a direct dependence of the mechanism of slope formation from the criteria of wave impacts.

Transport of sediments, wave parameters, deformations of shores, permafrost soils, experimental investigations, laboratory model.

References

1. Deboljskaya E.I. Dinamika vodnyh potokov s ledyanym pokrovom. – M.: MSUEE, 2003. – 279 s.

2. Deboljsky V.K., Zaidler R., Masselj S. Dinamika ruslovyh potokov i litodinamika pribrezhnoj zony morya. – M.: Nauka, 1994. – 303 s.

3. Laboratornoye issledovaniye deformatsij beregovogo sklona, vklyuchayushchego merzly grunt / V.K. Deboljsky, D.N. Ionov, I.I. Gritsuk, N.K. Ponimarev, E.K. Sinichenko // Vestnik RUDN. –2015. – № 2. – S. 25–31.

4. Bayram A. Cross-shore distridution of longshore sediment transport: comparison

between predictive formulas and field measurements / A. Bayram, M. Larsen, H.C. Miller, N.C. Kraus // Coastal Engineering, 44. 2001. P. 79–99.

5. Engelund F. Dispersion of floating particles in uniform channel flow / F. Engelund // J. Hydraul. Div., Proc. ASCE. Vol. 95. № 4. 1969.

6. Molinas A. Transport of sediment in large sand-bed rivers / A. Molinas // J. of Hydraulic Research. Vol. 39. № 2. 2001.

The material was received at the editorial office 23.03.2016.

Information about the authors

Ionov Dmitriy Nikolaevich, engineer; Institute of water problems of RAS; 11933, Moscow, ul. Gubkina, d. 3, tel.: 8(499)135-72-01; e-mail: dima_ionov@mail.ru

Gritsuk Ilya Igorevich, candidate of technical sciences, senior researcher; Institute of water problems of RAS; 11933, Moscow, ul. Gubkina, d. 3; candidate of technical sciences, associate professor; The Russian university of peoples' friendship; 117198, Moscow, ul. Miklukho-Maklaya, d. 6; tel.: 8(499)135-72-01, e-mail: grizli2881@mail.ru

УДК 502/504:551.311.21

И.И. БАТЧАЕВ, Л.Б. ЧИГИРОВА, М.Т. АНАЕВ

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Высокогорный геофизический институт»
Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик

СЕЛЕВОЙ ПОТОК В БЕЗЕНГИЙСКОМ УЩЕЛЬЕ

Целью работы являются исследования, направленные на изучение формирования исхода селевого потока с определением основных физико-механических и морфометрических характеристик, необходимых при проектировании селезащитных мероприятий, направленных на снижение угрозы негативного воздействия на хозяйственные объекты и их инфраструктуру, а главное – безопасности жизни людей. В работе дается описание исследования селевого потока, сошедшего 1 августа 2015 г. по р. Урель-суу в Безенгийском ущелье Кабардино-Балкарской республики. В результате натурного маршрутного обследования бассейна р. Урель-суу определены основные морфометрические характеристики сошедшего селевого потока – такие, как скорость потока, максимальный единовременный и средний расход селя, объем выноса грунтово-каменного материала с уточнением водосборной площади и длины реки.

Селевой бассейн, конус выноса, максимальный единовременный расход, селевой вал.

Район исследования – селевой бассейн р. Урель-суу – расположен на склоне юго-восточной экспозиции Главного Кавказского хребта (рис. 1). Река Урель-суу (с расходом 0,8–1,0 м^3/с) берет свое начало на хребте Коргашинлитау на высоте 3650 м н.у.м. и относится к бассейну р. Черек Безенгийский, впадая в нее в 11 км выше с. Безенги с левобережного склона на высоте 1760 м н.у.м., пересекая грунтовую дорогу в 400 м выше устья, ведущую к альплагерю «Безенги». Перепад высоты при длине реки 3 км составляет 1890 м со средним уклоном 0,63. В среднем течении (~ 1,2 км от устья) р. Урель-суу раздваивается, образуя V-образное ущелье с двумя рукавами, причем левый рукав длиннее правого на 0,7 км. Площадь селевого бассейна р. Урель-суу составляет 4,4 км^2.

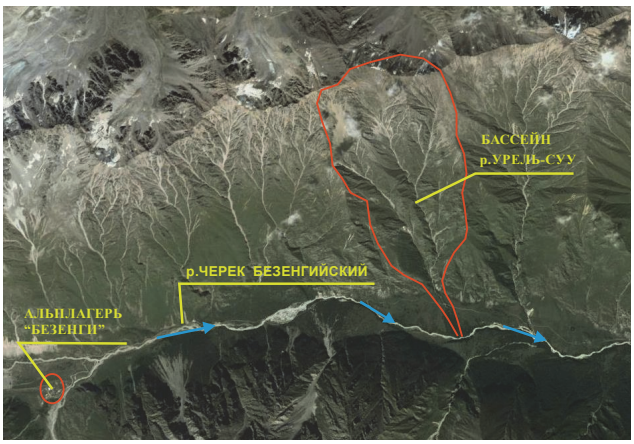

Рис. 1. **Схема расположения селевого бассейна реки Урель-суу**

1 августа 2015 г. по р. Урель-суу во второй половине дня сошел грязекаменный сель, причиной которого явились обильные лив-

невые осадки. По словам местных жителей, находившихся в непосредственной близости, селевой поток продолжался более 10 мин.

В результате натурного обследования установлено, что селевой поток сошел по левому притоку, а правый только обогащал его водной массой. В нижней части транзитной зоны русла большая часть несвязного селевого потока резко поменяла свое направление и двинулась в левую сторону, в результате чего были завалены грунтовая дорога и нижерасположенные сенокосные угодья длиной около 500 м и шириной 250–300 м. По предварительным данным, концентрация твердого материала в селевом потоке составляла порядка 30% по отношению к водной составляющей. Толщина отложений на этом участке колеблется от 0,1 до 0,4 м и более. Причиной изменения направления потока стали крупные камни и валуны, влекомые селевым потоком, размерами 1,5×2,2 м и более, образовавшие затор с верхней стороны дороги (рис. 2).

Рис. 2. **Крупные валуны в русле р. Урель-суу после схода селя**

В результате ответвления селевого потока в левую сторону произошло перераспределение его консистенции, и в основное русло двинулся поток, больше напоминающий связный селевой поток с долей твердой составляющей более 70%, который отложился в 45–50 м на низовом склоне от грунтовой дороги, образовав нагромождение из грунтово-каменного материала толщиной более 2-х м (рис. 3).

Селевым потоком была полностью завалена палатка местных жителей, обосновавшихся на данном участке на сенокос и чудом избежавших трагических последствий. Из-за большого шума они вовремя заметили надвигающуюся опасность.

Рис. 3. **Селевые отложения в русле**

Скорость селевого потока V, определенная по габаритным размерам крупных валунов (условным диаметром ~1,6 м) в русле и расчитанная по формуле [1], будет равной

$$V = a\sqrt{d}\,, \qquad (1)$$

где a – интегральный показатель, равный 3,5–4,5; d – условный диаметр валуна, м:

$$V = 4\sqrt{1,6} = 5,06 \text{ м/с}$$

При определении основных параметров водно-селевого потока на транзитном участке селевого русла необходимо установить характерный створ, сечение которого имело бы правильные геометрические очертания (трапеции, треугольника и др.), и определить по береговым меткам размеры ширины русла (по верху и по низу) и высоты потока.

Высота вала селевого потока, определенная по береговым меткам на этом участке, составила h_{max} ~ 2,0–2,1 м (рис. 4). Площадь же живого сечения w, определенная на транзитном участке русла трапецеидальной формы с шириной по верху – 6 м, по низу – 3 м и высоте вала – 2 м, составляет

$$w = ((6+3)/2) \times 2 = 9 \text{ м}^2.$$

Максимальный единовременный расход селевого вала Q_{max}, вычисленный по расчитанной скорости потока ~ 5,06 м/с и площади живого сечения 9 м^2, составил около 45,5 м^3/с:

$$Q_{max} = Vw\,, \qquad (2)$$

$$Q_{max} = 5,06 \times 9 = 45,5 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Рис. 4. **Транзитный участок русла р. Урель-суу**

Площадь живого сечения $w_{ср}$, определенная по средней высоте потока в русле $h_{ср}$ ~ 1,5 м и ширине по верху ~ 4,5 м, равна 5,63 м^2. Средний же единовременный расход $Q_{ср}$, определенный по скорости ~ 5,06 м/с и средней площади сечения русла, составляет

$$Q_{ср} = w_{ср} \times V ,$$

$$Q_{ср} = 5{,}63 \times 5{,}06 = 28{,}5 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Общий объем W вынесенного по руслу и отложившегося материала, определенный по среднему расходу $Q_{ср}$ и времени прохождения селя t равной ~ 10 мин. (600 с), составил более 17 тыс. м^3:

$$W = Q_{ср} \times t \qquad (3)$$

$$W = 28{,}5 \times 600 = 17100 \text{ м}^3.$$

Общая площадь *F,* поражения селевыми отложениями грунтовой дороги и пастбищных угодий, составила более 0,3 км^2.

Важной особенностью данного селевого потока является то, что несвязный селевой поток в результате разветвления распался на два совершенно разных типа селя: вышедший из основного русла в левую сторону остается несвязным грязекаменным потоком, а в основном русле, ниже разветвления, превращается в связный селевой поток с соответственно меньшими скоростями и мощными отложениями.

Ранее сошедший селевой поток по руслу р. Урель-суу был зафиксирован в 2012 г. Он также завалил грунтовую дорогу к альплагерю «Безенги» и сенокосные угодья местных жителей. Для снижения угрозы опасности и защиты грунтовой дороги и сенокосных угодий от селевых потоков необходимы дальнейшие исследования данной территории с ведением мониторинга схода селевых потоков от с. Безенги до всемирно известного альплагеря «Безенги», славящегося красотой величественных гор и альпинистскими маршрутами.

Выводы

В приведенной работе выявлена угроза опасности для жизни людей и животных, связанная со сходом селевого потока на пастбищные угодья, а также грунтовую дорогу, ведущую к альплагерю «Безенги». В работе также определены основные морфометрические характеристики сошедшего селевого потока – такие, как скорость потока, максимальный единовременный расход, объем выноса. Также уточнены такие параметры р. Урель-суу, как водосборная площадь, длина реки, высота истока по отношению к данным Кадастра лавинно-селевой опасности Северного-Кавказа [2].

Библиографический список

1. Флейшман С.М. Сели. – 2-е изд. – Л.: Гидрометеоиздат, 1978. – 312 с.

2. Кадастр лавинно-селевой опасности Северного Кавказа / Под ред. М.Ч. Залиханова. – Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 2001. – 112 с.

Материал поступил в редакцию 11.12.2015.

Сведения об авторах

Батчаев Ильяс Ибрагимович, аспирант, научный сотрудник Отдела экологических исследований; ФГБУ Высокогорный геофизический институт; 360030, Россия, Кабардино-Балкарская республика, Нальчик г., Ленина проспект, 2; e-mail: batcha17i@yandex.ru

Чигирова Лейля Барасбиевна, научный сотрудник Отдела экологических исследований; ФГБУ Высокогорный геофизический институт; 360030, Россия, Кабардино-Балкарская республика, Нальчик г., Ленина проспект, 2; тел.: (8662) 40–21–01, факс (8662) 47–00–24, e-mail: leilyach@yandex.ru

Анаев Махти Тасимович, младший научный сотрудник Отдела экологических исследований; ФГБУ Высокогорный геофизический институт; 360030, Россия, Кабардино-Балкарская республика, Нальчик г., Ленина проспект, 2; тел.: (8662)40-21-01, факс (8662)47-00-24.

I.I. BATCHAEV, L.B. CHIGIROVA, M.T. ANAEV
Federal state budget institution «High Mountain Geophysical Institute», Kabardino-Balkarskaya Republic, Nalchik

MUD FLOW IN BEZENGIJSKY GORGE

The purpose of the work is the research directed to studying formation and slide of mud flow with determination of the basic physical-mechanical and morphometric characteristics necessary when designing mudflow protection measures which are necessary to decrease threats of the negative impact on economic objects and their infrastructure and the most important – safety of people's life. There is given a description of the investigation of the mud flow slid on August 1, 2015 on the river Urel-suu in the Bezengisky gorge in Kabardino-Balkaria. As a result of the field route observation of the Urel-suu river there are defined the main characteristics of the slid mud flow – such as its speed, maximal one-time and average flow rate, carrying-over volume of soil-stone material with specifying water catching area and length of the river.

Mud flow basin, cone of carrying-over, maximal one-time flow rate, mud flow swell.

References

1. Fleishman S.M. Seli. – 2-nd edition. – L.: Gydrometeoizdat, 1978. – 312 s.

2. Cadastr lavinno-selevoj opasnosti Severnogo Kavkaza / Pod red. M. Ch. Zalohanova. – Sankt-Peterburg: Gydrometeoizdat, 2001. – 112 s.

The material was received at the editorial office 11.12.2015.

Information about the authors

Batchaev Ilyas Ibragimovich, post graduate student, researcher of the Department of ecological research; FSBU High Mountain Geophysical institute; 360030, Russia, Kabardino-Balkarskaya Republic, Nalchik, Lenina prospect, 2; e-mail: batcha17i@yandex.ru

Chigirova Leilya Barisbievna, researcher of the Department of ecological research; FSBU High Mountain Geophysical institute; 360030, Russia, Kabardino-Balkarskaya Republic, Nalchik, Lenina prospect, 2; tel.: (8662)40-21-01, fax (8662)47-00-24, e-mail: leilyach@yandex.ru

Anaev Mahti Tasimovich, junior researcher of the Department of ecological research; FSBU High Mountain Geophysical institute; 360030, Russia, Kabardino-Balkarskaya Republic, Nalchik, Lenina prospect, 2; tel.: (8662)40-21-01, fax (8662)47-00-24.

К 50-ЛЕТИЮ МАСШТАБНОЙ ПРОГРАММЫ «О ШИРОКОМ РАЗВИТИИ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ»

1 июня 2016 г. в Российском государственном аграрном университете – МСХА имени К.А. Тимирязева состоялась Международная научно-практическая конференция «О широком развитии мелиорации земель для получения высоких урожаев зерна и других сельскохозяйственных культур», которая была приурочена к 50-летию масштабной программы мелиорации в СССР и организована Министерством сельского хозяйства Российской Федерации при активной поддержке Исполнительного комитета СНГ и Евразийской экономической комиссии. Актуальность конференции обусловлена необходимостью развития интеграционных процессов в области мелиорации на всем пространстве государств СНГ.

Для участия в научном форуме было подано более 90 заявок от специалистов, работающих в 27 учреждениях и организациях водохозяйственного и мелиоративного профиля 10 государств ближнего и дальнего зарубежья, в том числе Беларуси, Узбекистана, Казахстана и других стран. В пленарном заседании приняли участие 113 делегатов форума.

Открыл научную конференцию ректор РГАУ-МСХА им. К.А Тимирязева, академик РАН Вячеслав Лукомец.

С приветственными словами к участникам конференции обратились почетные гости:

1. От имени министра сельского хозяйства Российской Федерации А.Н. Ткачева – его заместитель Евгений Васильевич Громыко. Он отметил, что основной задачей государства сегодня является продолжение глубокого и всестороннего изучения вопросов мелиорации, нацеленного на изобретение и применение современных техники и технологий проведения мелиоративных работ, поиск принципиально новых решений в строительстве мелиоративных систем и сооружений, а также защита, сохранение и приумножение земельных и водных ресурсов страны.

2. Яшин Михаил Евгеньевич, депутат Государственной Думы, член комитета Государственной Думы по природным ресурсам, природопользованию и экологии, председатель подкомитета по водным ресурсам.

3. Бокова Татьяна Викторовна, заместитель руководителя Федерального агентства водных ресурсов Минприроды России, которая выразила уверенность в том, что современная мелиорация и водохозяйственное строительство, опирающиеся на новейшие научно-технические достижения, являются важнейшими эффективными факторами развития как сельскохозяйственных угодий, так и интенсификации сельхозпроизводства в целом.

4. Сухой Николай Авксентьевич, председатель совета Союза водников и мелиораторов, отметивший, что программа развития мелиорации решила ту главную задачу, которая была поставлена перед отраслью руководством страны.

5. Саид Наиризи, президент Международной комиссии по ирригации и дренажу, акцентировавший внимание участников и гостей конференции на проблемах бедности и голода на планете.

На пленарном заседании были представлены доклады:

1. *«О необходимости в научно-технологическом прорыве и технической модернизации отрасли для повышения эффективности использования мелиорируемых земель»* президента фонда Национального комитета России по ирригации и дренажу, заведующего кафедрой лесоводства и мелиорации ландшафтов Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева доктора сельскохозяйственных наук, профессора, академика РАН Николая Николаевича Дубенка.

2. *«Система машин для комплексной механизации мелиоративных работ. История создания и перспективы»* директора Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова доктора технических наук, профессора, заслуженного мелиоратора РСФСР, академика РАН Бориса Михайловича Кизяева.

3. *«Применение теории биогеохимических барьеров при мелиорации и рекультивации земель»* главного научного сотрудника Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки Александра Ивановича Голованова; доцента кафедры мелиорации и рекультивации земель Института природообустройства Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева доктора технических наук Сергея Алексеевича Максимова.

4. «*Направления научно-технической деятельности по разработке и постановке на производство российской оросительной техники: мониторинг технического уровня, прогноз развития»* директора Всероссийского научно-исследовательского института систем орошения и сельскохозяйственного водоснабжения «Радуга» доктора сельскохозяйственных наук, профессора Геннадия Владимировича Ольгаренко.

5. «Инновационный потенциал компании „Бауэр" в условиях изменяющихся требований в сфере очистки сточных вод, орошения, сепарации и переработки навоза» президента компании «Бауер» Отто Ройсса.

6. «Безопасность гидротехнических сооружений водохозяйственного комплекса Нижней Кубани и рисовых систем. История, проблемы, задачи» директора Института безопасности гидротехнических сооружений доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки Виктора Алексеевича Волосухина; директора Федерального государственного бюджетного учреждения «Управление Кубаньмелиоводхоз» Игоря Геннадьевича Явнова.

6. «*Научное обеспечение адаптивной интенсификации сельскохозяйственного использования мелиорированных земель в Нечерноземной зоне России»* научного руководителя Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственного использования мелиорированных земель» доктора технических наук, профессора, академика РАН и НААН Украины, заслуженного деятеля науки, заслуженного изобретателя Николая Георгиевича Ковалёва.

В честь 50-летия масштабной программы «О широком развитии мелиорации земель для получения высоких урожаев зерна и других сельскохозяйственных культур» Союзом водников и мелиораторов России была учреждена специальная памятная юбилейная медаль.

В заключение пленарного заседания конференции Евгений Громыко и Николай Сухой вручили юбилейные медали ветеранам отрасли, в том числе академикам РАН Николаю Дубенку и Николаю Ковалеву, профессорам и сотрудникам РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева Александру Голованову, Александру Силкину и др.

УДК 502/504:631.6

Н.Г. КОВАЛЕВ, В.Г. ПОЛОЗОВА, Л.В. ПУШКИНА
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель», *г. Тверь, Россия*

НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АДАПТИВНОЙ ИНТЕНСИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ В НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЕ РОССИИ

Представлены некоторые достижения проведенной широкомасштабной мелиорации в развитии сельскохозяйственного производства Нечерноземной зоны в результате принятой директивными органами страны в 70–80-е годы прошлого столетия известной программы по мелиорации земель, определившие пути ее реализации. Применительно к переувлажненным землям основной задачей мелиорации явился ввод в хозяйственный оборот миллионов переувлажненных и заболоченных сельскохозяйственных угодий за счет их окультуривания и осушения. ФГБНУ ВНИИМЗ и другими институтами страны разработаны научные основы формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия в гумидной зоне, которые являются организационно-экономической основой инновационного использования осушаемых земель. Это позволило разработать в дальнейшем адаптивные ресурсосберегающие технологии по производству кормовых культур и картофеля с одновременным сохранением и повышением плодородия и экологической устойчивости гумидных агроландшафтов, улучшить социальную обстановку на селе, решить многие другие важные вопросы по обеспечению стабильного производства конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции на этих землях независимо от климатических изменений и аномалий.

Заболачивание, мелиорация, водный режим, осушение земли, адаптивно-ландшафтные системы, агротехнологии, торфяные почвы, севооборот, силосные культуры.

Введение. В Нечерноземной зоне России одним из основных природных факторов, сдерживающих развитие сельскохозяйственного производства, является переувлажнение и заболачивание значительной части сельскохозяйственных угодий. В этих условиях осушение заболоченных и переувлажненных почв, обеспечивающее нормированное понижение уровня грунтовых вод в корнеобитаемом слое почвы и поддержание в нем необходимого водно-воздушного режима являются одним из основных видов мелиорации сельскохозяйственных угодий, организующим направлением для других видов мелиорации земель (культуртехнических, химических, биологических) и сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях в целом.

При осушении одновременно с улучшением водного режима происходит улучшение воздушного, теплового, питательного и микробиологического режимов почвы, что создает предпосылки к повышению ее плодородия и продуктивности земледелия.

Широкомасштабная мелиорация переувлажненных сельскохозяйственных земель в гумидной зоне России началась после принятия директивными органами страны программы по мелиорации земель, определившего пути ее реализации, поставившего мелиорацию на уровень общегосударственной задачи. Применительно к переувлажненным землям основная цель Программы заключалась во вводе в активный хозяйственный оборот миллионов гектаров переувлажненных и заболоченных сельскохозяйственных угодий за счет их осушения и окультуривания почв.

В результате проведения широкомасштабных мелиоративных работ площадь осушаемых земель в целом по России составила 5,1 млн га.

Наибольшее количество осушаемых земель и большая часть осушаемой пашни приурочены к субъектам РФ, территориально расположенных в Нечерноземной зоне, где они играют значительную роль в аграрном секторе ряда регионов. Такое сосредоточение осушаемых земель в Нечерноземной зоне страны оказалось не случайным.

Экономические и социально-политические предпосылки развития сельскохо-

зяйственного производства Нечерноземной зоны вытекают из ее особой роли в экономике страны.

Нечерноземная зона России занимает обширную территорию Европейской части страны, которая объединяет 29 субъектов РФ, на ее территории расположены крупные города и промышленные центры, в т.ч. города Москва и Санкт-Петербург, проживает порядка 40% всего населения России.

Уже в 70-е годы прошлого века стало ясно, что развитие сельскохозяйственного производства в Нечерноземной зоне сдерживается мелиоративной неустроенностью значительной части сельскохозяйственных угодий (переувлажнение почв, зарастание угодий древесно-кустарниковой растительностью и др.).

Директивными органами страны 20 марта 1974 г. была принята Программа развития сельского хозяйства Нечерноземной зоны Российской Федерации, 42-летие со дня принятия которой в текущем, 2016 г., отмечается аграрной общественностью страны. Даже спустя 42 года указанная Программа по своему размаху кажется беспримерной, сравнимой разве что с целинной эпопеей.

Основной целью Программы являлся перевод сельскохозяйственного производства в Нечерноземье на индустриальную основу путем всемерной интенсификации, механизации и химизации сельскохозяйственного производства, мелиорации сельскохозяйственных земель в целях обеспечения возрастающих потребностей населения в продуктах питания.

Стержнем программы преобразования сельского хозяйства этой зоны стала комплексная мелиорация земель, так как сдерживающими факторами развития сельскохозяйственного производства являлись избыточное увлажнение земель, их закустареность, мелкоконтурность полей, повышенная кислотность почв, бездорожье.

За период с 1974 по 1990 гг. в Нечерноземной зоне передано хозяйствам для использования 11,7 млн га мелиорированных земель, из которых было осушено 3,1 млн га, культуртехнические работы на землях, не требующих осушения, проведены на 7,86 млн га, оросительные системы созданы на площади 0,74 млн га.

Материалы и методы. Мелиорация (осушение, орошение, культуртехнические работы и др.), проведенные в Нечерноземной зоне России в 1970–1980-е г., позволили:

– сократить на 40% площадь переувлажненных (заболоченных) сельскохозяйственных угодий;

– создать фонд окультуренных осушаемых земель на площади 3,86 млн га;

– обеспечить гарантированное производство кормов на уровне 30% от потребностей общественного животноводства в целом по зоне;

– организовать производство овощей в пригородных хозяйствах;

– значительно снизить кислотность почвы на пашне, повысить в ней запасы питания растений, улучшить культуртехническое состояние природных кормовых угодий;

– улучшить социальную инфраструктуру села. В целом широкомасштабная мелиорация земель, проведенная в период до 1990 г., сыграла положительную роль в улучшении мелиоративного состояния сельскохозяйственных земель, повышении плодородия почв и, как следствие, в повышении эффективности сельскохозяйственного производства в Нечерноземной зоне России.

Начиная с 1993 г., в связи с наступившим кризисом в аграрном секторе страны, мелиорация сельскохозяйственных земель стала приходить в упадок. Площадь осушаемых земель в целом по стране снизилась к 2000 г. с 5,1 млн га до 4,6 млн га, и в настоящее время стабилизировалась на уровне 4,8 млн га.

Значительная часть осушительных систем в Российской Федерации была построена в 70–80-е годы прошлого века и устарела физически или морально.

В неудовлетворительном мелиоративном состоянии находятся 1,57 млн га осушаемых земель (32,3% к их наличию), причем практически на всей площади указанных земель наблюдается высокий уровень стояния грунтовых вод и недопустимо поздние сроки отвода поверхностных вод, что сдерживает проведение в оптимальные сроки сельскохозяйственных работ на них. Более 1,3 млн га (26% к наличию) осушаемых земель нуждаются в проведении работ по реконструкции осушительной сети и сооружений, 36–40% площади осушаемых земель требуется проведение химмелиорации.

На осушаемых землях ускорились такие деградационные процессы, как:

– вторичное заболачивание осушаемых почв;

– вторичное зарастание мелиорированных луговых угодий древесно-кустарниковой растительностью;

– закисление почв, снижение запасов гумуса и элементов минерального питания растений в пахотном слое почвы.

Сельскохозяйственное использование осушаемых земель, как правило, осуществляется по экстенсивным системам и агротехнологиям с малым вложением энергии в сельскохозяйственное производство (низкая насыщенность удобрениями, химмелиорантами, средствами защиты), без учета ландшафтно-ме-лиоративных особенностей различных типов агроландшафтов. Поступающие в почву органические и минеральные удобрения не компенсируют вынос урожаем основных элементов питания растений. Продуктивность используемого осушаемого гектара в целом по стране не превышает 1,8–2,0 т. корм. ед., что в 1,5–2,0 раза ниже его потенциальных возможностей.

В последние годы Правительство Российской Федерации принимает конкретные меры по восстановлению и развитию фонда мелиоративных систем и повышению эффективности сельскохозяйственного использования мелиорированных земель. Так, в результате реализации федеральной целевой программы «Сохранение и восстановление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2006–2010 годы и на период до 2013 года» в эксплуатацию было введено за счет реконструкции, технического перевооружения и нового строительства 436,3 тыс. га мелиорированных (орошаемых, осушаемых) земель.

В соответствии с Федеральной целевой программой «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы», утвержденной Правительством Российской Федерации в октябре 2013 г., в указанный период предстоит ввести в эксплуатацию за счет реконструкции, технического перевооружения и нового строительства 841 тыс. га мелиорированных земель, в т.ч. 374 тыс. га — осушаемых.

Основными целями Программы являются повышение продуктивности и устойчивости сельскохозяйственного производства и плодородия почв средствами комплексной мелиорации в условиях изменения климата и природных аномалий; повышение продуктивного потенциала мелиорируемых земель и эффективного использования природных ресурсов.

Основной ландшафтной особенностью осушаемых почв, определяющей проблемы и специфику их использования, является сложность и контрастность их почвенного покрова. Под воздействием рельефа, плохой дренированности территории, различных типов водного питания и др. здесь сформировался крайне неоднородный (по водно-физическим, гидрологическим характеристикам, степени гидроморфизма, уровню потенциального и эффективного плодородия) почвенный покров. Одновременно осушение как прием, направленный на устранение переувлажнения и гомогенизации гумидных ландшафтов по водному режиму, чаще всего не решает в полной мере этих проблем. На уровне микроландшафтов почвенно-гидрологическая пестрота, как правило, в остаточной форме сохраняется и после осушения.

Все это предопределяет адаптивно-ландшафтный подход к использованию осушаемых земель в разрезе различных агроландшафтов и ландшафтных местоположений.

Ведущая роль в реализации стратегии адаптивной интенсификации земледелия на осушаемых землях принадлежит адаптивно-ландшафтным системам земледелия и агротехнологиям возделывания основных сельскохозяйственных культур как инструменту реализации данных систем земледелия.

Результаты и обсуждение. ФГБНУ ВНИИМЗ разработаны научные основы формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия применительно к гумидным агроландшафтам, которые являются организационно-экономической основой инновационного использования осушаемых земель (рис. 1).

Адаптивно-ландшафтные системы земледелия представляют собой новый этап дифференциации и адаптивной интенсификации земледелия. Они отличаются от зональных систем земледелия более опреде-

ленным экологическим адресом и адаптивностью к различным уровням интенсификации производства, хозяйственным укладам и требованиям рынка; их разрабатывают применительно к различным агроландшафтным группам земель, исходя из биологических и технологических требований растений и агроэкологического состояния земель.

Разработана агроэкологическая типизация агроландшафтов гумидной зоны России в рамках агроэкологической группы переувлажненных земель по их мелиоративному состоянию (табл. 1).

Рис. 1. **Блок-схема формирования адаптивно-ландшафтной системы мелиоративного земледелия**

Таблица 1

Характеристики таксономических уровней типизации переувлажненных земель

Наименование уровня	Характерные черты выделяемых территорий	Роль в формировании систем земледелия
Агроэкологическая подгруппа земель	Крупные территории (типы агроландшафтов), характеризующиеся единством водного питания, генезиса почвообразующих пород и рельефа относительной однотипностью воздействия факторов ландшафтной среды на продукционный процесс конкретной культуры	Типовая модель ландшафтно-мелиоративной системы земледелия в целом
Тип земель	Небольшие территории (совокупности АМЛ), занимающие один элемент мезорельефа, характеризующиеся единством процессов перераспределения тепла и влаги	Элементы ландшафтно-мелиоративной системы земледелия (севообороты, агротехнологии и т.д.)
Вид земель	Мелкие территории (АМЛ), занимающие одну фацию или группу фаций. Характеризуются единством протекающих геохимических процессов.	Технологические операции, элементы агротехнологии

Предложенная типизация позволяет осуществить дифференцированный подход к использованию разнокачественных осушаемых земель при формировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий, более рационально использовать природно-ресурсный потенциал различных типов и видов осушаемых земель, создавать научно-организационную основу для целенаправленной экологизации земледелия на мелиорированных землях.

В основе адаптивно-ландшафтной системы земледелия лежит севооборот, являющийся организационно-технологической основой системы земледелия, на которой строится весь комплекс агротехнических и технологических мероприятий по выращиванию сельскохозяйственных культур.

Схема подбора адаптивных культур и формирование севооборотов при разработке адаптивно-ландшафтных систем земледелия хозяйства приведена на рисунке 2.

Рис. 2. **Схема подбора адаптивных культур и формирование севооборотов при разработке адаптивно–ландшафтной системы земледелия хозяйства**

В основу схемы положена агроэкологическая оценка элементарных агроландшафтных выделов землепользования, различных видов и сортов сельскохозяйственных культур.

Реализация адаптивных ландшафтных систем земледелия применительно к каждому конкретному осушаемому объекту осуществляется посредством технологий возделывания конкретных культур в севообороте.

Методика формирования агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур в системе адаптивного ландшафтно-мелиоративного земледелия предусматривает учет лимитирующих факторов условий произрастания растений и их устранение путем регулирования водно-воздушного и питательного режимов почвы, ее биологической активности и фитосанитарного состояния посевов (рис. 3).

Рис. 3. **Схема формирования адаптивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур в системе ландшафтно-мелиоративного земледелия**

Агротехнологии связаны в единую систему управления агроландшафтом через севообороты, системы обработки почвы, удобрения и средств защиты растений от вредителей, болезней и сорняков, т.е. являются составной частью адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Разработаны ресурсоэкономичные агротехнологии получения на осушаемых землях с торфяными почвами экологически безопасной овощной продукции (капуста, морковь, столовая свекла) в размере 35,0–50,0 т/га при снижении материальных затрат в овощном звене севооборота на 15–18%, предусматривающие:

– размещение овощных культур на производственных участках с торфяными почвами, сформированными на древесном и древесно-разнотравном торфе с мощностью торфяной почвы более 1,3 м, степень разложения торфа — 45–50%, УГВ — 100–120 см;

– чередование культур в овощном звене севооборота по схеме: 1 – капуста (по пласту многолетних трав); 2 – морковь; 3 – столовая свекла;

– приемы минимализации норм минеральных удобрений в овощном звене севооборота, предусматривающие оптимизацию соотношения азота, фосфора и калия при внесении удобрений, снижение норм основного внесения минеральных удобрений за счет внесения туков в рядки, распределение норм удобрений между культурами овощного звена севооборота (максимальные дозы для более требовательных культур);

– интегрированную защиту овощных культур от вредных биообъектов, включающую в себя агротехнические и химические приемы борьбы с вредителями, болезнями и сорняками.

Разработанные адаптивные ресурсосберегающие технологии полевого кормопроизводства на осушаемых землях с использованием новых сортов бобовых и злаковых трав позволяют создавать кормовые агроценозы с продуктивностью 5,3–8,6 т/га корм. ед., выходом обменной энергии 65,0–90,0 ГДж/га, сырого протеина 1,0–1,5 т/га и более. Особенно перспективной является технология создания и использования на осушаемых пахотных землях плантаций новой для Нечерноземной зоны России бобовой силосной культуры – козлятника восточного — позволя-

ющая на протяжении 10–12 лет и более на постоянном месте поддерживать продуктивность травостоя на уровне 7,0 т/га корм. ед. при выходе растительного белка до 2 т/га.

В структуре сельскохозяйственных угодий на осушаемых землях страны более 40% всех площадей приходится на кормовые угодья (сенокосы, пастбища).

Кормовые угодья не только выполняютпроизводственные функции (получение пастбищного корма и сена), но и имеют большое экологическое значение, обеспечивая экологическую устойчивость мелиорированных угодий.

В основу рационального использования осушаемых кормовых угодий положена концепция многовариантных систем ведения луговодства и агротехнологий с максимальным использованием природных свойств агроландшафтов, биологических особенностей различных видов и сортов многолетних трав, факторов биологизации и доступных внутрихозяйственных ресурсов, обеспечивающих высокую экономическую эффективность и устойчивость луговой экосистемы.

Разработаны и апробированы в производстве многовариантные технологии создания и использования сеяных сенокосов и пастбищ на осушаемых кормовых угодьях на основе их поверхностного или коренного улучшения с использованием новых (в т.ч. кислотоустойчивых) сортов бобовых и злаковых трав, которые позволяют в течение 4–6 лет пользования поддерживать в травостое бобовые компоненты и обеспечивать производство высококачественных зелёных и грубых кормов на уровне 3,0–6,0 т/га корм. ед. и более с затратами совокупной энергии на их использование в пределах 10,0–19,0 ГДж/га.

Выводы

1. Осушение (дренаж) переувлажненных земель сельскохозяйственного назначения является важнейшим фактором интенсификации земледелия на указанных землях.

2. Народнохозяйственная значимость осушения переувлажненных земель сельскохозяйственного назначения состоит в том, что выполнение комплекса мелиоративных мероприятий способствует повышению плодородия и экологической устойчивости гумидных агроландшафтов, улучшению социальной обстановки на селе, позволяет расширить посевы сельскохозяйственных культур за счет ввода в эксплуатацию мелиорированных земель на переувлажненных территориях, повысить продуктивность указанных земель и обеспечить устойчивое производство конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции на этих землях независимо от климатических изменений и аномалий.

Материал поступил в редакцию 21.06.2016.

Сведения об авторах

Ковалев Николай Георгиевич, доктор технических наук, профессор, академик РАН, научный руководитель ФГБНУ ВНИИМЗ; 170530, п. Эммаус Тверской области Калининского района, д. 27; тел.: 8(4822)378-500; e-mail: arno-@mail.ru.

Полозова Валентина Георгиевна, научный сотрудник, ФГБНУ ВНИИМЗ, 170530, п. Эммаус Тверской области Калининского района, д. 27; тел.: 8(4822)378-520

Пушкина Людмила Вячеславовна, младший научный сотрудник, ФГБНУ ВНИИМЗ,170530, п. Эммаус Тверской области, Калининского района, д. 27; тел. 8(4822)378-520

N.G. KOVALEV, V.G. POLOZOVA, L.V. PUSHKINA
Federal state budget scientific institution
«All-Russian research institute of reclaimed lands », Tver, Russia

SCIENTIFIC PROVISION OF ADAPTIVE INTENSIFICATION OF AGRICULTURAL USE OF RECLAIMED LANDS IN THE NON-CHERNOZEM ZONE OF RUSSIA

There are given some achievements of the carried out large-scale land reclamation in the development of agricultural production of the non-chernozem zone as a result of the adopted by the legislative bodies of the country in the 70–80s years of the last century the program on lands reclamation, identifying the ways of its implementation. Regarding overwet lands, the main task of lands reclamation was putting millions of overwet and waterlogged farmlands into economic circulation due to their cultivation and drainage.

FGBNU VNIIMZ and other institutions of the country developed scientific bases of formation of adaptive-landscape systems of agriculture in the humid zone which are the organizational and economic basis for the innovative use of drained land. This made it possible to develop adaptive resource-saving technologies for production of fodder crops and potatoes while maintaining and increasing the fertility and ecological stability of humid agricultural landscapes, to improve the social situation in rural areas, to solve many other important problems on ensuring a continuous agricultural production on these lands regardless of climatic changes and abnormalities.

Water logging, land reclamation, water regimet, drainage of land, adaptive-landscape systems, agricultural technologies, peat soils, crop rotation, silage crops.

The material was received at the editorial office 21.06.2016.

Information about the authors

Kovalev Nikolaj Georgievich, doctor of technical sciences, professor, academician of RAS, scientific leader FSBNI VNIIMZ; 170530, town Emmaus, Tverskaya area, Kalinisky region, d. 27; tel.: 8(4822)378-520.

Polozova Valentina Georgievna, a researcher, FSBNI VNIIMZ; 170530, town Emmaus, Tverskaya area, Kalinisky region, d. 27; tel.: 8(4822)378-520.

Pushkina Lyudmila Vyacheslavovna, yunior researcher, FSBNI VNIIMZ; 170530, town Emmaus, Tverskaya area, Kalinisky region, d. 27; tel.: 8(4822)378-520.

УДК 502/504:631.6:338.43

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

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

МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ КАК ГЛАВНЫЙ ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ

Объектом исследования являются мелиоративные системы, состоящие из двух взаимосвязанных частей: технической (оросительные и осушительные системы, сооружения) и природной (мелиорируемые земли).

Целью статьи является разработка и обоснование предложений по развитию методологии оценки эффективности инвестиций в модернизацию мелиоративных систем. Выполненный авторами анализ показал, что существующая практика проведения модернизации мелиоративных систем не обеспечивает эффективного использования мелиорируемых земель и других компонентов природной среды. Причин этого много, но главными являются неверная трактовка объекта и цель модернизации мелиоративных систем. Объектом модернизации является техническая часть мелиоративной системы (оросительные и осушительные системы, сооружения) без учета мелиорируемых земель как природного объекта и природного ресурса, а целью модернизации – стремление к максимизации текущей прибыли (получению максимальной урожайности сельскохозяйственных культур) в ущерб оценки возможных долгосрочных экологических последствий от реализации данного мероприятия. Такой подход противоречит действующему законодательству Российской Федерации в области охраны окружающей среды, принципам устойчивого развития и природообустройства и не способствует объективной оценке эффективности инвестиций в модернизацию

мелиоративных систем. Разработаны предложения по развитию методологии оценки эффективности модернизации систем, суть которых сводится к совместному рассмотрению технической и природной частей мелиоративной системы; комплексной оценке воздействия модернизации мелиоративных систем на агроландшафты и природную среду в целом и учету технического состояния систем, вероятностного характера изменения природно-климатических, почвенных, гидрогеологических, геохимических, хозяйственных, социально-экономических условий функционирования мелиорируемых агроландшафтов, экологической ценности природных систем, структуры использования природных ландшафтов и изменения качества жизни населения в результате проведения модернизации мелиоративных систем.

Модернизация мелиоративной системы, мелиоративные системы, мелиорируемые земли, концепция мелиорации земель, объект модернизации, эффективность.

Введение. Результаты анализа данных государственного мониторинга земель состояния окружающей среды и многочисленных научных исследований показывают, что практически во всех субъектах Российской Федерации нарушены основные свойства природных ландшафтов и сохраняется тенденция ухудшения их состояния, что является причиной снижения биоразнообразия, изменения теплового, водного, биологического и геохимического балансов и условий почвообразования, нарушения экологического равновесия природных систем. Последствия этих изменений представляют большую угрозу для продовольственной и экологической безопасности России.

Материалы и методы исследований. При подготовке статьи использованы нормативно-методические документы [1, 2], результаты исследований различных авторов [3–5 и др.], в которых изложены основные подходы к оценке эффективности инвестиционных проектов, федеральные законы Российской Федерации в области мелиорации и охраны окружающей среды, статистические и аналитические материалы Государственного комитета по статистике Российской Федерации, Департамента мелиорации Минсельхоза России. В основу разработки предложений по развитию методологии оценки эффективности модернизации мелиоративных систем положены идеи и принципы устойчивого развития и природообустройства, а также система методов: исторический, системный, географический, балансовый, статистический, биологический, экологический и экономический.

Результаты исследований. Реализация стратегии улучшения состояния всех компонентов природной среды, воспроизводства возобновляемых природных ресурсов и устойчивого развития сельского хозяйства невозможна без: глубокого анализа состояния использования земельных, водных и других природных ресурсов, общей экологической обстановки ландшафтов и выявления причин развития основных деградационных процессов природной среды; обобщения опыта и эффективности различных видов мелиорации с учетом соблюдения принципов устойчивого развития и природообустройства; научной организации территории за счет оптимизации структуры угодий (пашни, сенокосов и пастбищ, лугов, леса, водных объекты и др.) и трансформации части пахотных земель в полуприродные ландшафты (сенокосы, пастбища и лесной массив в зависимости от природно-климатической зоны); осуществления комплекса мелиоративных мероприятий, в т.ч. гидротехнических мелиораций, широкого внедрения ресурсосберегающих технологий и новых систем земледелия (адаптивно-ландшафтная система земледелия, биологическое земледелие, точное земледелие и др.), основанных на гармоничном сочетании интересов общества и законов развития природы.

Особая роль в решении указанных выше задач отводится модернизации мелиоративных систем, о чем свидетельствуют и данные[1] таблицы 1.

Результаты анализа данных таблицы 1 свидетельствуют о том, что свыше половины оросительных систем (2294,2 тыс. га) и чуть больше четверти осушительных систем (1232,1 тыс. га**)** нуждаются в проведении работ по их модернизации в целях повышения безопасной их эксплуатации, улучшения со-

[1] Данные заимствованы из Концепции федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на период до 2020 года».

стояния мелиорируемых земель и повышения их продуктивности, и в конечном итоге – повышения биоразнообразия и улучшения состояния экосистем. Необходимо отметить, что за период реализации двух последних федеральных целевых программ «Сохранение и восстановление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2006–2010 годы и на период до 2013 года» и «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 гг. » модернизация мелиоративных систем проведена на общей площади 574 тыс. га, в т.ч. оросительных систем на площади 415,9 тыс. га (18% от необходимого объема), осушительных систем на площади 158,1 тыс. га (13%). Не решит эту проблему и реализация Федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 гг. ». Общая площадь земель, на которой планируется провести реконструкцию мелиоративных систем, составит 786,19 тыс. га, из них оросительных систем – на площади 438,54 тыс. га (21,5% от необходимого объема), осушительных систем – на площади 347,65 тыс. га (31,8%).

Таблица 1

Потребность в проведении модернизации мелиоративных систем, тыс. га

№ п/п	Федеральный округ	Общая площадь орошаемых земель	в том числе площадь, на которой требуется проведение модернизации систем	Общая площадь осушаемых земель	в том числе площадь, на которой требуется проведение модернизации систем
1	Центральный	480,7	352,5	1395,6	366,0
2	Южный	1076,5	559,8	54,6	14,5
3	Северо-Кавказский	1049,7	629,7	18,1	4,8
4	Приволжский	891,2	453,4	431,9	113,0
5	Уральский	144,8	72,4	151,1	50,1
6	Сибирский	500,3	228,5	228,1	84,0
7	Дальневосточный	122,8	66,3	661,4	221,9
8	Северо-Западный	18,6	10,8	1847,6	378,3
9	Россия	4284,7	2294,2	4788,4	1232,1

В условиях обострения экологических проблем в сельском хозяйстве дальнейшая модернизация мелиоративных систем невозможна на базе существующей нормативно-методической документации в области мелиорации. Она требует разработки качественно нового научного подхода к оценке эффективности создания устойчивых агроландшафтов, ориентированных на производство высококачественной продукции в объемах, соответствующих природному потенциалу региона и обеспечивающих сохранение природного и повышение экономического плодородия почв, воспроизводство природных ресурсов и повышение потребительной стоимости основных компонентов ландшафта. Причиной этого является то, что существующие подходы к оценке эффективности мелиоративных мероприятий, в том числе и модернизации систем, направлены на обеспечение гарантированного производства продукции сельского хозяйства в границах мелиоративных систем без учета изменения состояния основных компонентов агроландшафтов в результате хозяйственной деятельности. При этом объектом модернизации, как правило, является техническая часть мелиоративной системы, включающая в себя оросительные и осушительные системы и сооружения, без учета мелиорируемых земель как природного объекта и как природного ресурса. Известно, что мелиоративные системы включают в себя две взаимосвязанные части: техническую и природную [6]. Такой подход к оценке эффективности инвестиций в модернизацию мелиоративных систем не отвечает действующему законодательству в области мелиорации земель и охраны окружающей среды и принципам устойчивого развития и природообустройства, основанным на требованиях ком-

плексного решения экологических, социальных и экономических проблем. На это указывает и многолетний опыт орошения и осушения земель: действующие нормативы оросительных норм сельскохозяйственных культур существенно завышены и не обеспечивают регулирование влажности корнеобитаемого слоя почвы в требуемых (оптимальных) пределах; существующие режим орошения и техника полива не обеспечивают рационального использования водных ресурсов (потери оросительной воды в зависимости от природно-климатической зоны и уровня грунтовых вод составляют 30–100%) и получения проектной урожайности сельскохозяйственных культур (фактическая продуктивность сельскохозяйственных культур не превышает 64% от потенциальной урожайности); интенсивный промывной режим приводит к сработке запасов гумуса, изменению кислотно-щелочного режима почв, снижению эффективности использования минеральных удобрений и снижению плодородия почв; коэффициент полезного использования воды на полях в автоморфных условиях не превышает 45–70%, а коэффициент полезного действия систем на большей площади орошения не превышает 40–60%.

Все это свидетельствует о том, что модернизация мелиоративных систем должна быть направлена на обеспечение неразрывной связи эффективного использования мелиорируемых земель и соблюдения экологических ограничений. Достижение компромисса возможно в том случае, если функционирование мелиоративной системы после модернизации будет способствовать улучшению состояния всех компонентов природной среды; охране, воспроизводству и рациональному использованию природных ресурсов; предотвращению деградационных процессов; ограничению воздействия на природную среду исходя из условий сохранения экологической безопасности, целостности и функционирования ландшафтов; регулированию биологического (изменение общих запасов органического вещества и химических элементов, содержащихся в растительности и почвах агроландшафта) и геологического (изменение содержания химических элементов и органики в ежегодном опаде растительности с учетом поступления химических веществ с техногенными выбросами загрязняющих веществ в атмосферу и сбросами их в водные объекты) круговоротов воды, органических и химических веществ; предупреждению загрязнения водных объектов; росту продуктивности сельскохозяйственного производства и обеспечению экологической устойчивости ландшафтов.

Решение этих вопросов невозможно без изменения цели модернизации мелиоративных систем. Целью модернизации мелиоративных систем является не стремление к максимизации текущей прибыли в ущерб оценке возможных долгосрочных экологических последствий, а устранение ошибок, допущенных на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации ранее построенных систем (например, проектирование мелиоративных систем на год 95 и 75% обеспеченности орошения без должного эколого-экономического обоснования этого показателя), снижение техногенной нагрузки на природную среду, сохранение (восстановление) природных экосистем и биоразнообразия, увеличение продуктивности сельскохозяйственных угодий за счет согласования свойств природных систем с планами хозяйственной деятельности, воспроизводства природных ресурсов, повышения потребительной стоимости и экологической устойчивости природно-хозяйственных систем. Достижение этой цели возможно за счет повышения технического уровня мелиоративных систем, совершенствования техники полива, уменьшения непроизводительных потерь воды в системах и на полях, регулирования водно-солевого, теплового, биологического и химического режимов и плодородия почв и при выполнении определенного целостного набора требований (мелиоративного режима [7]), которым должна отвечать система мелиоративных мероприятий.

Такая постановка вопроса указывает на то, что при оценке экономической эффективности инвестиций в модернизацию мелиоративных систем необходимо рассматривать агроландшафт как единую природную систему, состоящую из ряда взаимосвязанных и взаимообусловленных компонентов (природных: приземного слоя атмосферы, почвы, растительного и животного мира, поверхностных и подземных вод и деятельностных), развивающихся как единое целое. Использование принципа целостности при оценке эффективности инвестиций в модернизацию мелиоративных систем позволяет объективно учесть особен-

ности территории, на которой проводится модернизация мелиоративных систем и обустройство агроландшафта, наиболее полно учесть все связи между компонентами природной и деятельностной среды, их взаимодействие и роль обустраиваемой территории в функционировании агроландшафта [8].

При покомпонентном подходе, а именно этот подход используется в настоящее время при оценке эффективности, из поля зрения выпадают основные свойства агроландшафтов и изменение их состояния в процессе модернизации мелиоративных систем (открытость, структура, целостность, функционирование и др.), а, следовательно, и причинно-следственные связи (причина – процесс – следствие). В связи с этим планируемые мелиоратив-ные мероприятия при модернизации мелиоративных систем направляются не на ликвидацию причин, а на борьбу со следствиями, что способствует во многих случаях только ухудшению экологической ситуации в сельском хозяйстве [9].

Неверная трактовка объекта при модернизации мелиоративных систем (рассмотрение только технической части мелиоративной системы) не позволяет оценить реальную величину экстерналий (внешних эффектов и ущербов), ведь известно, что мелиорация земель сельскохозяйственного назначения является сильным природопреобразующим фактором и оказывает существенное влияние на отдельные компоненты природной среды и на природную среду в целом, приводит к изменению состояния основных компонентов природной среды и, как следствие, к негативным экологическим последствиям. В связи с этим в качестве объекта модернизации должны выступать мелиоративные системы, включающие в себя оросительные и осушительные системы, сооружения и мелиорируемые земли. Уточнение понятия «объект модернизации мелиоративных систем» указывает на необходимость комплексной оценки воздействия модернизации мелиоративных систем на природные ландшафты и агроландшафты, которая проводится с учетом технического состояния систем, вероятностного характера изменения природно-климатических, почвенных, гидрогеологических, геохимических, хозяйственных, социально-экономических условий функционирования мелиорируемых агроландшафтов, экологической ценности природных систем, структуры использования природных ландшафтов и ущерба здоровью населения.

При этом следует отметить, что проведение объективной оценки эффективности инвестиций в модернизацию мелиоративных систем невозможно без совершенствования структуры использования агроландшафтов, осуществления комплекса мелиоративных мероприятий (комплексных мелиораций) и широкого внедрения ресурсосберегающих технологий и новых систем земледелия. Только их совместное применение при модернизации мелиоративных систем будет способствовать предотвращению деградационных почвенных процессов, увеличению экономического плодородия почв и эффективности сельскохозяйственного производства, а также снижению антропогенной нагрузки на окружающую среду, увеличению биоразнообразия и улучшению экологического состояния агроландшафта и ландшафта в целом.

Выводы

1. Результаты исследований показали, что целью модернизации мелиоративных систем является решение технических вопросов. Объектом модернизации, как правило, является техническая часть мелиоративной системы, включающая в себя оросительные и осушительные системы и сооружения, без учета мелиорируемых земель как природного объекта и как природного ресурса и обеспечение гарантированного производства продукции сельского хозяйства в границах мелиоративных систем без учета изменения состояния основных компонентов агроландшафтов в результате хозяйственной деятельности – мелиорации земель. Такой подход к модернизации мелиоративных систем не позволяет объективно оценить ее эффективность и противоречить действующему законодательству в области мелиорации земель и охраны окружающей среды, принципам устойчивого развития и природообустройства, основанным на требованиях комплексного решения экологических, социальных и экономических проблем.

2. Разработаны и обоснованы предложения по развитию методологии оценки эффективности инвестиций в модернизацию мелиоративных систем, заключающиеся в совместном рассмотрении техни-

ческой (оросительные и осушительные системы, сооружения) и природной (мелиорируемые земли) частей мелиоративной системы; комплексной оценке воздействия модернизации мелиоративных систем на агроландшафты и природные ландшафты.

Решение этих вопросов предполагает глубокий анализ состояния использования земельных, водных и других природных ресурсов, общей экологической обстановки ландшафтов и выявление причин развития основных деградационных процессов природной среды, учет технического состояния систем, вероятностного характера изменения природно-климатических, почвенных, гидрогеологических, геохимических, хозяйственных, социально-экономических условий функционирования мелиорируемых агроландшафтов, экологической ценности природных систем, структуры использования природных ландшафтов и изменения качества жизни населения в результате проведения модернизации мелиоративных систем.

Библиографический список

1. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (2-я ред.): Официальное издание. – М.: Экономика, 2000. – 419 с.

2. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель (РД-АПК 3.00.01.003–03). – М., 2003. – 133 с.

3. Лившиц В., Швецов А. Каких ошибок следует избегать при оценке инвестиционных проектов с участием государства // Вопросы экономики. – 2011. – № 9. – С. 80–92.

4. Марголин А.М. Методические подходы к оценке перспектив социальных инвестиций // Государственная служба. – 2014. – № 1. – С. 44–48.

5. Мельников Р.М. Оценка эффективности общественно значимых инвестиционных проектов методом анализа издержек и выгод. – М.: Проспект, 2016. – 240 с.

6. Костяков А.Н. Основы мелиораций. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 662 с.

7. Айдаров И.П., Голованов А.И., Никольский Ю.Н. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель. – М.: Агропромиздат, 1990. – 60 с.

8. Айдаров И.П. Комплексное обустройство земель. Монография. – М.: МГУП, 2007. – 208 с.

9. Айдаров И.П., Краснощеков В.Н. Методология оценки экономической эффективности природообустройства агроландшафтов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2005. – № 5. – С. 40–47.

Материал поступил в редакцию 23.05.2016.

Сведения об авторах

Краснощеков Валентин Николаевич, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Управление природопользованием и охрана окружающей среды» Института государственной службы и управления, 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: olgarenko@mail.ru

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

D.G. OLGARENKO
Federal state budget educational institution of higher education RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev

MODERNIZATION OF LAND RECLAMATION SYSTEMS AS THE MAIN FACTOR OF PROVIDING FOOD AND ECOLOGICAL SECURITY OF THE COUNTRY

The object of research is land reclamation systems consisting of two interconnected parts: technical (irrigation and drainage systems, structures) and natural (reclaimed areas). The purpose of the article is development and substantiation of proposals on development of the assessment methodology of the investments efficiency in modernization of land reclamation systems. The analysis performed by the authors showed that the existing practice of

modernization fulfillment of reclaimed systems does not ensure an effective use of reclaimed lands and other components of the environment. There are many reasons for this but the main reasons are the incorrect interpretation of the object and purpose of modernization of reclaimed systems. The object of modernization is a technical part of the land reclamation system (irrigation and drainage systems, structures) without taking into consideration reclaimed areas as a natural object and natural resource, and the purpose of modernization – striving for maximization of the current profit (obtaining of the maximal agricultural crops yield) to the detriment of assessment of possible long-term ecological consequences from realization of this action. Such an approach contradicts the effective legislation of the Russian Federation in the field of environmental protection, principles of steady development and environmental engineering and does not promote an objective assessment of the investments efficiency in modernization of reclamation systems.There are worked out proposals on development of the methodology of assessment of the efficiency of modernization of the systems the essence of which is the joint consideration of the technical and natural parts of the reclamation system; integrated assessment of the impact of modernization of reclamation systems on agro landscapes and natural environment on the whole and consideration of the technical state of the systems, probabilistic character of changing of the natural-climatic, soil, hydro-geological, geochemical, economic, social-economic conditions of functioning of reclaimed agro landscapes, ecological value of natural systems, structure of usage of natural landscapes and changing of the quality of life of the population as a result of carrying out modernization of reclamation systems.

Modernization of the land reclamation system, land reclamation systems, reclaimed areas, concept of lands reclamation, object of modernization, efficiency.

Reference

1. Metodicheskie recomendatsii po otsenke effectivnosti investitsionnyh proectov (2-ya red.): Ofitsialjnoye izdanie. – M.: Economika, 2000. – 419 s.

2. Metodicheskie recomendatsii po otsenke effectivnosti investitsionnyh proectov melioratsii seljskohozyaistvennyh zemel (RD-APK 3.00.01.003–03). – M., 2003. – 133 s.

3. Livshits V., Shvetsov A. Kakih oshibok sleduet izbegat pri otsenke investitsionnyh proectov s uchastiem gosudarstva // Voprosy economiki. – 2011. – № 9. – P. 80–92.

4. Margolin A.M. Metodicheskie podhody k otsenke perspective sotsialjnyh investitsij // Gosudarstvennaya sluzhba. – 2014. – № 1. – P. 44–48.

5. Meljnikov R.M. Otsenka effectivnosti obshchestvenno znachimyh investitsionnyh proectov metodom analiza izderzhek i vygod. – M.: Prospect, 2016. – 240 s.

6. Kostyakov A.N. Osnovy melioratsij. – M.: Seljhozgiz, 1960. – 662 s.

7. Aidarov I.P., Golovanov A.I., Nikoljsky Yu.N. Optimizatsiya meliorativnyh rezhimov oroshaemyh I osushaemyh seljskohozyaistvennyh zemel. – M.: Agropromizdat, 1990. – 60 s.

8. Aidarov I.P. Complexnoye obustrojstvo zemel. Monographiya. – M.: MGUP, 2007. – 208 s.

9. Aidarov I.P., Krasnoshchekov V.N. Metodologiya otsenki economichrskoj effectivnosti prirodoobustrojstva agrolandshaftov // Melioratsiya I vodnoye hozyajstvo. – 2005. – № 5. – S. 40–47.

The material was received at the editorial office 23.05.2016

Information about the authors

Krasnoshchekov Valentin Nikolaevich, doctor of economic sciences, professor, head of the chair «Nature management and environmental protection» of the Institute of state service and management, 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 activities and nature use, FSBEI HE MTAA; 127550, Moscow, ul. Boljshaya Academichaskaya, 44; tel.: +7-964-530-49-10; e-mail: olgarenko@mail.ru

УДК 502/504:631.6

КИПШАКБАЕВ НАРИМАН
Казахский филиал Научно-информационного центра по водохозяйственным проблемам при Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии Центральной Азии (НИЦ МКВК), г. Алматы, Республика Казахстан

РАЗВИТИЕ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН ЗА ПЕРИОД 1966–1985 гг.

(К 50-ЛЕТИЮ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ПО РАЗВИТИЮ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ В СССР)

Республика Казахстан имеет достаточные водные ресурсы и богатейший фонд земель, пригодный для широкого развития орошаемого земледелия. Сельское хозяйство республики развивается в сложных природно-климатических условиях. Главным лимитирующим фактором в земледелии большинства районов страны является недостаточная естественная влагообеспеченность, что и определяет в первую очередь стабильность сельскохозяйственного производства. Принятая в мае 1966 г. Государственная Программа по развитию водного хозяйства и мелиорации земель в СССР нацелена на широкое проведение и повышение плодородия почв, расширение площадей орошаемых земель, обводнение пастбищных угодий и развитие водного хозяйства. После принятия Программы в Казахстане создана специализированная отрасль «Мелиорация и водное хозяйство» с мощными производственными базами, крупными строительными подразделениями, необходимыми эксплуатационными организациями, соответствующей сетью проектно-изыскательских и научно-исследовательских институтов. Для выполнения больших, ежегодно возрастающих объемов водохозяйственных и мелиоративных работ потребовалась коренная перестройка водохозяйственного строительства. В самые короткие сроки были усилены существующие и созданы водохозяйственные строительные организации, укреплена их строительная база. Создано союзно-республиканское Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР и укреплено Министерство мелиорации и водного хозяйства Казахской ССР (1965–1990 гг.).

Мелиорация земель, влагообеспеченность, водохозяйственное строительство.

В целях осуществления государственного управления единым водным фондом на территории Казахстана, а также координации водохозяйственной деятельности министерств, ведомств, предприятий и организаций во взаимодействии с местными исполнительными органами, организованными при Минводхозе, созданы главные управления по комплексному использованию и охране водных ресурсов с областными бассейновыми инспекциями (в последующим – бассейновыми управлениями) 19 областных и центральной химлаборатории общей численностью 625 чел.

Организованы новые строительные республиканские и союзно-республиканские главки, тресты, СМУ и ПМК (строительно-монтажные управления, передвижная механизированная колонна) по водохозяйственному и промышленно-гражданскому строительству, в том числе – Казглавводстрой, Казголстепстрой, Главриссовхозстрой, Союзиливодстрой, Союзцелинвод, Казглавсельхозснабжение, Иртышканалстрой. Эти главки и тресты по всей республике имели широкую сеть строительных подразделений. Уже к 1975 году производственные мощности водохозяйственной организации Казахстана достигли выполнение строительно-монтажных работ в объеме 600 млн руб., или в 6 раз больше, чем до 1966 г. В соответствии с решением Правительства Республики Казахстан в 1979 г. в составе Минводхоза Казахстана образовано Главное управление по строительству и эксплуатации оросительных систем на базе использования подземных вод «Казглавподземвод» с 6 областными управлениями.

В связи с резким возрастанием объема капитальных вложений на водохозяйственные и мелиоративные мероприятия после принятия Программы развития водного хозяйства и мелиорации земель в СССР потребовалось увеличение и объемов проектно-изыскательских работ, и производственных мощностей проектных организаций.

Если в 1966 г. на территории Казахстана было только 2 института по водохо-

зяйственному проектированию: институт Казгипроводэлектро и Союзгипрорис, которые в 1966 г. выполнили проектно-изыскательские работы на 5177 тыс. руб. – то в 1970 г. были уже институты с объемом 11305 тыс. руб., а в 1975 г. на территории республики работали уже 7 специализированных по водохозяйственному проектированию институтов с объемом работ в 22100 тыс. руб. Из 7 проектно-изыскательских институтов 4 института: Казгипроводхоз (Алматы), Казгипросельхозвод (Целиноград), Казюжгипроводхоз (Жамбыл), Каазапгипроводхоз (Орал) находились в непосредственном подчинении Минводхоза Республики. Институт «Союзгипрорис» (Шымкент) «Центрказгипроводхоз» (Караганда), «Союзпромпроект» (Алматы) непосредственно подчинялись Минводхозу СССР. Таким образом, за 9 лет производственная мощность водохозяйственных проектных организаций выросла более чем в 4 раза.

Рост производственных мощностей проектных организаций по водохозяйственному строительству позволил в основном отказаться от привлечения к выполнению проектно-изыскательских работ проектных организаций других республик и союзных министерств и полностью удовлетворить потребность водохозяйственного строительства в проектно-сметной документации, разрабатываемой собственными специализированными институтами.

Проектными организациями Министерства мелиорации и водного хозяйства Республики Казахстан с 1966 по 1980 гг. выполнен объем проектно-изыскательских работ в сумме 157,1 млн руб., в том числе:

1966–1970 гг. – 21,1 млн руб.

1971–1975 гг. – 54,4 млн руб.

1976–1980 гг. – 81,6 млн руб.

Таким образом, проектные организации решали основные задачи по наращиванию производственных мощностей и повышению качества выпускаемой проектно-сметной документации, сокращению сроков ее изготовления.

В соответствии с Программой в Казахстане созданы уникальные водохозяйственные комплексы, которые обеспечивают водой крупные орошаемые и пастбищные массивы, тысячи населенных пунктов и городов, промышленных центров, тем самым созданы условия для устойчивого развития отраслей экономики.

В республике выполнены огромные работы по освоению новых орошаемых земель.

Построены важные ирригационные объекты, крупные гидротехнические сооружения, магистральные водопроводные системы обводнены миллионы гектаров пастбищ.

Наиболее крупными реализованными объектами по орошаемому земледелию за указанный период являются:

• Левобережный Кызылординский рисовый массив орошения земель 80 тыс. га из реки Сырдарии, водозабор – 200 м^3/с;

• Кызыл-Кумский массив орошаемые площади 80 тыс. га, водозабор – 200 м^3/с из Шардаринского водохранилища

• Тасоткельский массив орошения – 48 тыс. га из реки Шу для производства сахарной свеклы;

• Тентекский массив орошения – 14 тыс. га из реки Тентек для производства сахарной свеклы

• Коксуский массив орошения – 20 тыс. га на реке Коксу для производства сахарной свеклы

• Кандысуская оросительная система на площади 26 тыс. га на реке Кандысу для выращивания кормовых культур

• Егинсуская оросительная система на площади 12 тыс. га на реке Егинсу для производства зерно-кормовых культур

• Акдалинский рисовый массив орошения на площади 35 тыс. га на реке Или, водозабор – 100 м^3/с

• Шенгельдинский массив орошения на площади 22 тыс. га на базе Капшагайского водохранилища для производства овощей

• Сорбулакский массив орошения площадью 23 тыс. га для производства кормов и повторного использования очищенных сточных вод города Алматы

• На базе использования водных ресурсов реки Ертис проектирован и создан массив орошения на площади 6370 га в совхозе имени 60-летия Октября с применением двух плавучих насосных станций напором 100 м и расходом 4,4 м^3/с, с закрытой оросительной сетью, где впервые была применена групповая работа 50 дождевальных машин кругового действия «Фрегат»

• Шарский массив орошения на площади 10 тыс. га на базе Шарского водохранилища с применением 45 дождевальных машин фронтального действия «Кубань» и др.

Гидротехнические сооружения:

Водохранилища, емкостью более 30 млн м^3:

- Бугуньское на реке Бугунь
- Терс-Ащибулакское на реке Ассы
- Тасоткельское на реке Шу
- Бартогайское на реке Шелек
- Куртинское на реке Курты
- Каргалинское на притоке реки Жайык
- Кандысуское на притоке реки Кандысу
- Шарское на реке Шар
- Егинсуское на реке Егинсу
- Шардаринское на реке Сырдария
- Шульбинское на реке Ертис
- Капшагайское на реке Или

Магистральные каналы с расходом 50–200 м^3/с протяженностью 50–170 км:

- Левобережный Кызылординский канал
- Кызылкумский
- Большой Алматинский
- Большой Келесский
- Арыс-Туркестанский
- Акдалинский
- Тасоткельский

Водозаборные гидротехнические узлы:

На реках:

- Сырдария
- Или
- Шу
- Талас
- Коксу
- Тентек
- Каратал
- Лепсы
- Егинсу
- Кусак
- Келди-Мурат
- Каргыба
- Талгар
- Иссык
- Каскелен
- Шелек
- Аксу

Магистральные и групповые водопроводы:

- Белагашский – длина 244 км, мощность – 9 тыс. м^3/сут., обеспечивает водой 34 населенных пункта
- Дарбазинский, Абайский, Сырдариинский – длина 194 км, мощность 12,6 тыс. м^3/сут., обслуживает 7 населенных пунктов
- Пресновский длина 3334 км, мощность – 127 тыс. м^3/сут., обслуживает 108 населенных пунктов;
- Кокчетавский – обеспечивает водой город Кокшетау, курортную зону «Бурабай» и многие населенные пункты
- Беловодский – длина 2187 км, мощность – 43,4 тыс. м^3/сут., обслуживает 60 населенных пунктов
- Нуринский – длина 964 км, мощность – 61,5 тыс. м^3/сут., обслуживает 28 населенных пунктов
- Костанайский – 1380 км, мощность – 65,8 тыс. м^3/сут., обслуживает 41 населенный пункт.

В Алматинской области на реке Или – Капшагайский гидроузел с водохранилищем (18 млрд/м^3), и освоен Акдалинский массив орошения. Тентекский гидроузел с правобережным и левобережным каналами и освоением новых орошаемых земель.

В Жамбылской области для регулирования стока реки Ассы, Шу и других рек построены Терс-Ащибулакское (155 млн/м^3), Тас-Уткельское (605 млн/м^3), Караконузское и другие водохранилища, построена Меркенская ветка Большого Чуского канала (48 км) для освоения 13,4 тыс. га нового орошаемого массива.

На реке Сырдария построен Шардаринский гидроузел с водохранилищем (5200 млн/м^3). На базе использования воды водохранилище создан новый Кызылкумский массив орошения на площади почти 80 тыс. га.

В Кызылординской области завершено строительство Кызылординской плотины, которая обеспечила поливом сельскохозяйственных культур на площади 90 тыс. га. Построен Казалинский гидроузел с массивом орошения площадью 38 тыс. га.

Переустроена Орал-Кушумская оросительно-обводнительная система, и внутри системы построены Кировское, Битинское, Донгулюкское водохранилища, Тайнакский, Фурмановский, Первомайский каналы для орошения 49 тыс. га лиманных земель, обводнения 1 млн га пастбищ и 9 тыс. регулярного орошения.

В Атырауской области построены Нарынская, Баксайская, Курсайская и Чернореченская обводнительно-оросительные системы.

В Актюбинской области построены Тамдыкульская, Акшийская системы лиманного орошения. На базе Каргалинского водохранилища (164 млн/м^3) создана оросительная система на площади 17 тыс. га и введено в действие Актюбинское водохранилище.

В Восточно-Казахстанской области созданы Уйденское водохранилище (75 млн/м^3) и орошается 13 тыс. га земли.

В Семипалатинской области построены Шарская, Карабугинская, Каракольская, Кусакская и Келдымуратская оросительные системы. Созданы Шарское и Егинсуское водохранилища.

В Павлодарской области построены Черноярская закрытая система регулярного орошения на площади 5000 га и Шидертинская системы лиманного орошения.

В 1970 г. завершилось строительство уникального гидротехнического комплекса «Ертис-Караганда» протяженностью 458 км, с подъемом воды объемом 1 млрд/м^3 на высоту 418 м. Этот канал устойчиво обеспечивает водой промышленные центры и население Центрального Казахстана и позволил создать орошаемое земледелие на 40 тыс. га для производства овощей и картофеля для этой зоны.

В Костанайской области построены лиманы на реках Улкен-Дамды, Жыланшык, Жалдама, Кабырга, а в Акмолинской области – системы Алуа, Кенбидайык, Кызыл-Жулдыз.

В Кокшетауской, Северо-Казахстанской, Акмолинской областях для водоснабжения сельских населенных пунктов и городов после 1966 г. начато строительство крупных магистральных водопроводов; введены в эксплуатацию Ишимский (1749 км), Булаевский (1754 км), Селетинский (314 км), Нуринский (964 км), Пресновский (3334 км), Беловодский (2187 км), Киевский (203 км), Затобольский (114 км).

В северных областях построены в целях питьевого водоснабжения и регулирования стока рек Сергеевское (700 млн/м^3) и Астанинское (200 млн/м^3) на реке Есил, Каратомарское (586 млн/м^3) и Верхне-Тобольское водохранилища (816,6 млн/м^3) на реке Тобол.

В целях централизованного водообеспечения населения страны повсеместно крупным масштабом проводилось строительство наряду с локальными (для отдельного населенного пункта) магистральных водопроводов.

Общая протяженность магистральных (групповых) для водоснабжения населения к концу 1985 г. составляла 20 тыс. км, а внутрихозяйственных сетей более 25 тыс. км (без учета городских водопроводов).

Ниже приводятся наиболее крупные магистральные водопроводы, кроме перечисленных выше в северных областях Казахстана:

- Базойский и Шингельдинский водопроводы в Алматинской области
- Дарбазинский, Абайский, Жетисайский, Сырдариинский водопроводы Южно-Казахстанской области
- Арал-Сарыбулакский, Жиделинский, Октябрьский водопроводы Кызылординской области
- Иргизский групповой водопровод Актюбинской области
- Индер-Миялинский, Майкомген-Шубарталы, Кызылкум-Казан, Акжигит пески САМ
- Урдинский, Каменский, Фурмановский водопроводы Западно-Казахстанской области
- Белагашский, Шубартауский водопроводы Семипалатинской области
- Беловодский, Майский водопроводы Павлодарской области
- Нуринский водопровод в Акмолинский области
- Астрахань-Мангышлак групповой водопровод Мангыстауской области
- Тасты-Шуйский водопровод Жамбылской области.

Указанные магистральные водопроводы гарантированно обеспечивают доброкачественной питьевой водой население сотни населенных пунктов и городов Казахстана. На сегодня доступ к качественной питьевой водой городского населения составляет 79,4%, и сельского населения – 36,1%, отдельными скважинами – 57,3%.

Ежегодно по заявкам Минводхоза выдавались организациям Министерства геологии Казахстана для обоснования проектов обводнения пастбищ задания на поиски подземных вод под строительство обводнительных сооружений в последующем, согласно проекту строились эксплуатационные колодцы или скважины.

Из 180 млн/га пастбищ Казахстана, по данным инвентаризации, на 01.XI.1988 г. были обводнены 138 млн га пастбищ, в том числе за счет искусственных сооружений – 116 млн га, из них за счет строительства шахтных и трубчатых колодцев – 92,1 млн га, количество которых составляет более 80 тыс., без учета количества глубоких скважин. Можно с уверенностью отметить, что на просторах Казахстана найдено более 100 тыс. источников воды, которые можно использовать для развития экономики Республики Казахстан.

Таблица 1

Наличие шахтных и трубчатых колодцев на пастбищах Казахстана (по данным инвентаризации на 1 ноября 1988 г.) млн га

Область	Шахтные колодцы		Трубчатые колодцы		ИТОГО	
	количество	площадь обводнения	количество	площадь обводнения	количество	площадь обводнения
Актюбинская	8609	6450,7	2504	5981,2	11113	12431,9
Алматинская	1541	1608	539	555,6	2080	2163,6
Восточно-Казахстанская	281	133,9	1394	1338	1675	1471,9
Гурьевская	3378	3960,3	1441	4436,6	4819	8396,9
Джамбульская	3884	2683,2	2156	2580	6090	5263,2
Джезказганская	2307	3194,7	3769	6960,9	6077	10155,6
Карагандинская	473	214,7	3347	4209,2	3820	4423,9
Кызылординская	5313	3193,2	2989	4900,2	8302	8093,4
Кокчетавская	459	157	2313	1070,5	2772	1227,5
Кустанайская	1721	1412,8	1653	1410,3	3374	2823,1
Павлодарская	1077	863,2	3718	4307,9	4894	5171,1
Северо-Казахстанская	1	0,2	324	123,2	325	123,4
Семиналатинская	831	518,9	6809	8171,6	7640	8690,5
Талдыкурганская	2722	2741,9	1020	1111,6	3742	3853,5
Уральская	5089	2217,3	1217	1010,3	6306	3227,6
Целиноградская	340	137,4	1242	1496,1	1582	1633,5
Чимкентская	3290	3382,1	2378	3280,3	5668	6662,4
КАЗАХСТАН	41317	32,9	38813	59,2	80130	92,1

По площади поливных земель Казахстан занимал в 1985 г. третье место, в СССР, уступая только РСФСР и Узбекской ССР. На орошаемых землях возделываются такие ценные сельскохозяйственные культуры, как хлопчатник, рис, кукуруза на зерно, плодово-ягодные, виноград, овощи. По производству риса, например, наша республика занимала второе место в СССР после Российской Федерации. Рост валовой продукции земледелия на орошаемых землях способствует развитию не только сельскохозяйственного сектора, на многих других отраслей экономики.

За период 1966–1985 гг. площади орошаемых земель в Казахстане увеличились более чем в 1,7 раза и достигли в 1985 г. 2,2 млн га и до 1 млн га земель лиманного орошения.

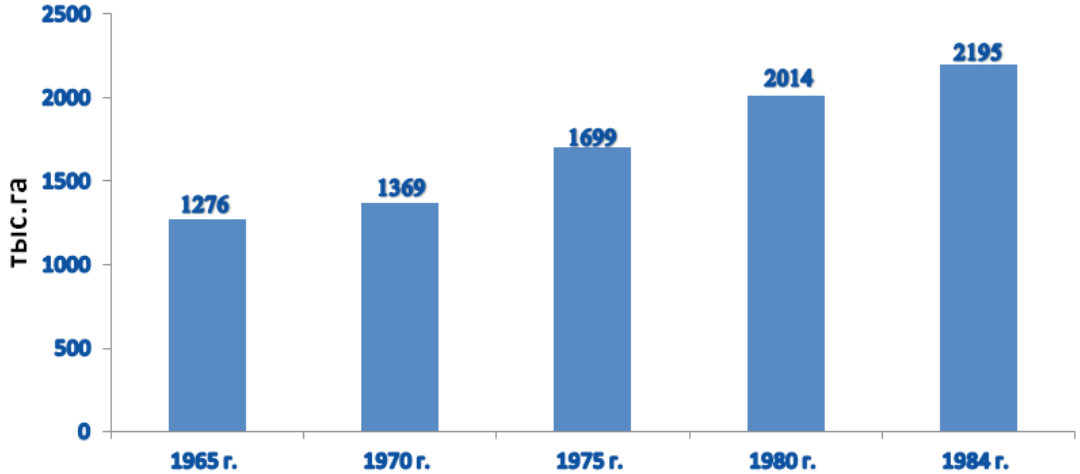

Рис. 1. **Наличие орошаемых земель в Казахстане, тыс. га**

Таблица 2

Измененная структура использования орошаемых земель, тыс. га

Годы	Зерновые			Кормовые культуры			Хлопчатник	Сахарная свекла	Овощи	Картофель
	всего	в том числе		всего	в том числе					
		кукуруза на зерно	рис		кукуруза на силос	многолетние травы				
1966–1970	469,2	38,5	67,5	386,5	131,3	175,3	114,9	68,1	28,2	26,7
1971–1975	492,1	57,0	102,5	553,5	151,3	221,3	115,0	75,6	36,3	33,1
1976–1980	497,8	92	118,4	725,7	225,0	345,1	117,4	77,2	40,2	41,7
1981–1984	496,2	113,8	137,8	917,9	262,9	459,1	127,0	67,4	42,2	42,2

Рост производства зерна в 1984 г. по сравнению с 1966 г. составил 1,8 раза, кукурузы на зерно – 4,5 раза, риса – 3 раза, овощей – 1,8 раза, кормовых культур – 3,2 раза.

Мелиорированные земли составляют 6,2% всех интенсивно используемых сельскохозяйственных угодий и дают третью часть всей валовой продукции растениеводства в денежном выражении: например, стоимость валовой продукции растениеводства со всех земель – 5003 млн руб., а доля валовой продукции на мелиорированных землях – 1543 млн руб.

Удельный вес продукции с мелиорированных земель в процентах составил – 30,9.

Для полива сельскохозяйственных культур повсеместно внедрились новая техника и технологии. Площади обслуживания передовыми способами полива достигли 27% от общей площади с орошаемых земель, составили – 591,2 тыс. гектаров.

Большое внимание уделялось повышению эффективности каждого гектара орошаемых земель. В этом вопросе были достигнуты неплохие результаты. Эти показатели приведены в таблице 4. Непрерывно росла валовая продукция растениеводства в Республике Казахстан (в ценах 1973 г.).

Стоимость валовой продукции по республике на мелиорированных землях в среднем за год возросла с 529 млн руб. в 1966 г. до 917 млн руб. в 1984 г. или в 1,7 раза, в том числе по пятилеткам:

1966–1970 гг. – 529 млн/руб.
1971–1975 гг. – 670 млн/руб.
1976–1980 гг. – 839 млн/руб.
1981–1984 гг. – 917 млн/руб.

Рост стоимости продукции в расчете на 1 га, руб.:

1966–1970 гг. – 436
1971–1975 гг. – 458
1976–1980 гг. – 498
1981–1984 гг. – 503

Таблица 3

Внедрение новой техники и технологий

№	Тип поливной техники	Поливная площадь, тыс. га	%
1	Машина кругового действия «Фрегат»	77,1	13
2	Машина фронтального действия «Кубань»	32,7	5,5
3	Колесные трубопроводы «Волжанка»	72,0	12,2
4	Двухконсольные агрегаты «ДДА-100м»	247,4	41,9
5	Передвижные дождевальные установки «типа ДДН»	162,0	27,4
Всего		591,2	100

Таблица 4

Эффективность основных сельскохозяйственных культур Казахстана (урожайность, ц/га)

Сельскохозяйственная культура	1960–1970 гг.	1971–1975 гг.	1976–1980 г.	1981–1984 гг.
Кукуруза на зерно	28,9	32,3	43,3	41,1
Рис	31,5	35,4	43,4	47,1
Кукуруза на силос	158	162	186	190
Многолетние травы	32,6	38,6	44,8	50,0
Хлопчатник	20,0	26,6	27,1	23,5
Сахарная свекла	334	290	285	253
Овощи	137,0	145,0	167	167
Картофель	94,0	95,0	105	100

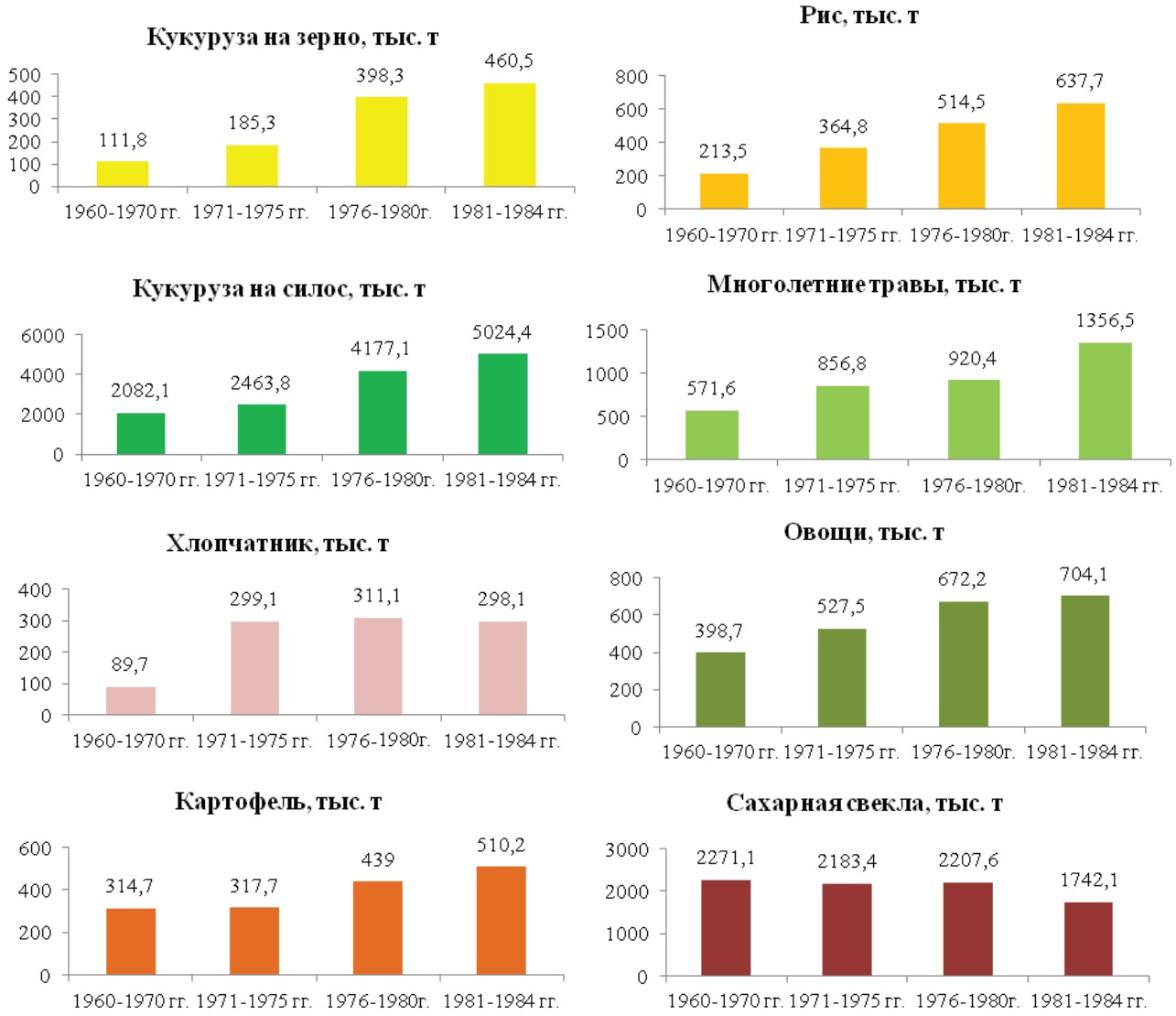

Рис. 2. **Производство сельскохозяйственной продукции на орошаемых землях, тыс. т**

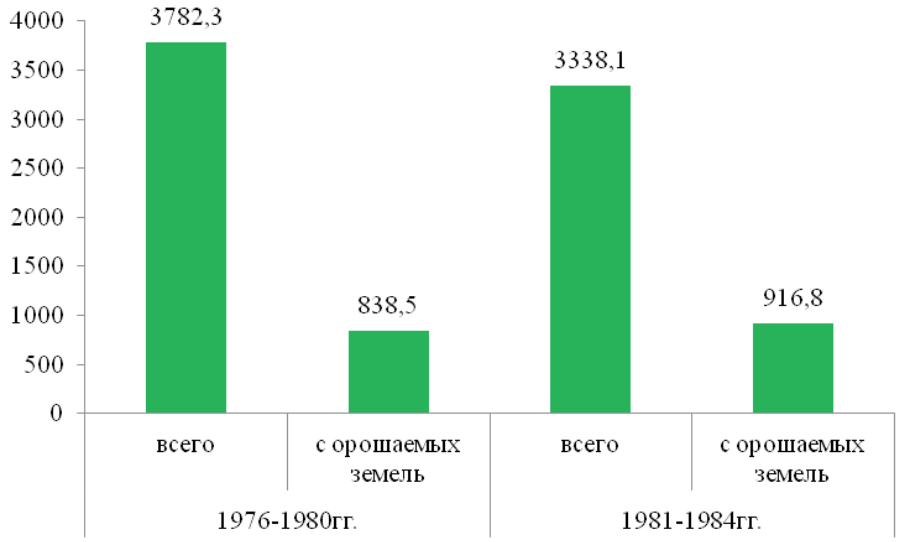

Рис. 3. **Рост валовой продукции растениеводства в Республике Казахстан**

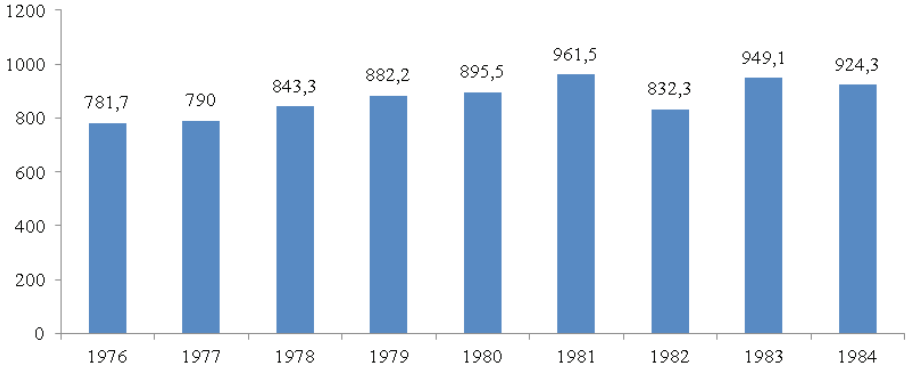

Рис. 4. **Стоимость валовой продукции орошаемого земледелия по областям Республики Казахстан**

Крупными масштабами велись работы по техническому улучшению существующих орошаемых земель (табл. 2).

За период с 1966 по 1984 гг. в мелиорацию и водное хозяйство Казахстана вложено капитальных затрат на сумму 8,27 млрд руб., в том числе:

1966–1970 гг. – 1,17 млрд руб.
1971–1975 гг. – 2,09 млрд руб.
1976–1980 гг. – 2,63 млрд руб.
1981–1985 гг. – 2,38 млрд руб.

Площади орошения доведены до 3 млн га, в т.ч. регулярного орошения – 2,1, лиманного – 0,9 тыс. га, в том числе (табл. 3).

Резкий рост сельскохозяйственной продукции с орошаемых земель является результатом возросшей культуры земледелия, улучшения состояния поливных земель, повышения уровня фондооснащенности оросительных систем.

Общая протяженность оросительных каналов достигла почти 70 тыс. км, протяженность коллекторно-дренажной сети в республике составила 9,2 тыс. км. Протяженность бетонных каналов, железобетонных лотков и закрытых трубопроводов достигла 10,6 тыс. км.

Из 382 систем лиманного орошения 63 системы являются межхозяйственными системами, 319 – внутрихозяйственного значения.

Основные водохозяйственные и мелиоративные фонды Казахстана составляют 1623,5 млн рубл., т.е. их стоимость по сравнению с 1966 г. возросла в 5,5 раза.

Для поддержания в технически исправном состоянии водохозяйственных комплексов и оросительных систем и устойчивой потребности воды во всех областях были организованы областные управления мелиорации и водного хозяйства. В системе службы эксплуатации водохозяйственных объектов работали 75 управлений оросительными системами, 7 управлений каналами и гидроузлами, 2 управления групповыми водопроводами, 2 ремонтно-строительных треста, 24 ремонтно-строительных ПМК, 2 автобазы и УПТК, общая численность – 12566 чел.

Таблица 5

Работы по техническому улучшению орошаемых земель

Вид работы	1966–1970 гг.	1971–1975 гг.	1975–1980 гг.	1981–1984 гг.
Проведена реконструкция оросительных систем и повышена водообеспеченность на площади (тыс. га)	150	230	335	573
Улучшено мелиоративное состояние земель на площади (тыс. га)	48	169	122	83
Выполнена капитальная планировка орошаемых земель на площади (тыс. га)	20	66	78	61

Таблица 6

Площади орошения

Годы	Объем капитальных вложений (млрд руб.)	Введено орошаемых земель (тыс. га)
1966–1970	1,17	445
1971–1975	2,09	427
1976–1980	2,63	420
1981–1984	2,38	280

Заключение

• Принятая Программа развития водного хозяйства и мелиорации явилась крупным шагом по пути интенсификации производства Казахстана.

• Создана специализированная отрасль «Водное хозяйство и мелиорация», располагающая мощными производственными базами, крупными строительными подразделениями, необходимыми водохозяйственными эксплуатационными организациями, соответствующей сетью проектно-изыскательских работ и научно-исследовательских институтов.

• Построены уникальные водохозяйственные комплексы:

– Канал им. К. Сатпаева, который обеспечивает водой центральный промышленный регион, где сосредоточено производство черной металлургии Казахстана и Экибастузского топливно-энергетического комплекса;

– Большой Алматинский канал с Бартогайским водохранилищем, обеспечивающий водой более 200 тыс. га орошаемых земель для гарантированного производства сельскохозяйственной продукции и крупного мегаполиса город Алматы;

– Водовод Кигаш-Мангышлак, длиной более тысячи км обеспечивающий водой нефте-газовую промышленность западного Казахстана;

– Кокшетауский промводопровод обеспечивающий водой г. Кокшетау, население целинной зоны северного Казахстана и поддерживает экосистему Государственного национального природного парка «Бурабай»;

– Магистральные водопроводы длиной более 12 тыс. км, построенные в северной, центральной и западной частях Казахстана, обеспечивающие централизованным водоснабжением тысячи населенных пунктов доброкачественной питьевой водой;

– Водорегулирующие сооружения на русле Сырдарии и магистральные каналы, поддерживающие сложную водохозяйственную и экологическую ситуацию в низовьях реки и гарантированно обеспечивающие оптимальную норму водоподачи для устойчивого производства сельскохозяйственной продукции.

• За счет расширения мелиорации земель в Казахстане увеличена валовая продукция отрасли сельского хозяйства, среднегодовой валовой сбор риса до 638 тыс. т, кукуруза на зерно – 461 тыс. т, овощи до 704 тыс. т, кормовые – 2465 тыс.т.

• Повышена эффективность использования орошаемых земель путем перехода к программированию выращивания высоких урожаев зерновых, овощных и кормовых культур в целом по Казахстану на площади 550 тыс. га.

• Достигнуты меры по экономии воды непосредственно на поле за счет переустройства внутрихозяйственной оросительной сети, создания оптимальных мелиоративных режимов, применения передовых поливных машин и создания трубопроводной закрытой сети, механизации и автоматизации подачи

воды, перехода оптимальных, экономически целесообразных оросительных норм и целесообразных оросительных сбросов.

• Создана разветвленная сеть службы по эксплуатации и техническому обслуживанию водохозяйственных систем для поддержания в технически исправном состоянии и устойчивой водоподачи строго по установленному режиму: для этой цели созданы производственные тресты, базы и организованы ремонтно-строительные отряд, ПМК, тресты, с соответствующей землеройной техникой, автотранспортом; обеспечивались материально-техническими ресурсами.

• Разрабатывались на перспективу ТЭО «Комплексной схемы водохозяйственного устройства и реконструкции оросительных систем», что примерно на 70–75% капитальных вложений, предусмотренных на мелиорацию, предполагалось вложить в осуществление мероприятий по реконструкции, качественному улучшению орошаемых земель и экономному использованию ресурсов. Пришло понимание того, что эффективность орошаемого земледелия определяется не только увеличением производства продукции растениеводства с 1 га, но и снижением водопотребителем на единицу продукции.

• Ввод новых орошаемых земель на перспективу планировался за счет использования подземных и очищенных сточных вод городов и промышленных центров.

• Принимались меры по комплексному подходу к строительству водопроводов сельскохозяйственного значения, их увязке с благоустройством сел и утилизацией стоков и отходов в сельской местности.

Материал поступил в редакцию 30.05.2016.

Сведения об авторе

Кипшакбаев Нариман, кандидат технических наук, директор Казахского филиала НИЦ МКВК, заслуженный гидротехник Республики Казахстан; Республика Казахстан, 050000, г. Алматы, ул. Жанибекова, д. 81, тел.: 8-727-291-15-76; e-mail: nkipshakbaev@mail.ru

KIPSHAKBAEV NARIMAN

Kazakh branch of the Scientific-information center on water economic problems under the Interstate coordinating water economic commission of Central Asia (NITS MKBK), Almaty, Republic of Kazakhstan

DEVELOPMENT OF THE WATER ECONOMY AND LAND RECLAMATION IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

FOR THE 50th ANNIVERSARY OF THE STATE PROGRAM ON DEVELOPMENT OF THE WATER ECONOMY AND LAND RECLAMATION IN THE USSR

The Republic of Kazakhstan has sufficient water resources and the richest fund of lands applicable for a wide development of the irrigated farming. The agriculture of the republic develops under difficult natural-climatic conditions. The main limiting factor in farming of most regions of the country is insufficient natural water availability which in the first place influences the stability of agricultural production. The adopted in May, 1966 Program on development of the water economy and land reclamation in the USSR is aimed at a wide maintaining and raising of soils fertility, expanding of irrigated areas, watering of pasturable lands and development of the water economy. After adoption of the Program in Kazakhstan there was established a specialized branch «Land reclamation and water economy» with powerful production bases, large building subdivisions, necessary operational organizations, corresponding network of design and survey and research institutes. For fulfilment of large, annually increasing volumes of water economic and land reclamation works a radical perestrojka (reconstruction) was required for the water economic building. In the shortest terms there were strengthened existing and established new water economic building organizations, reinforced their construction base. There was established the union-republican Ministry of land reclamation and water economy of the USSR and strengthened the Ministry of land reclamation and water economy of the Kazakh SSR (1965–1990).

Land reclamation, moisture availability, water economic construction.

Material was received at the editorial office 30.05.2016.

Information about the author

Kipshakbaev Nariman, candidate of technical sciences, director of the Kazakh branch NITS MKBK, honoured hydraulic engineer of the Republic of Kazakhstan; the Republic of Kazakhstan, 050000, Almaty, ul. Zhanibekova, d. 81, tel.: 8-727-291-15-76; e-mail: nkipshakbaev@mail.ru

УДК 502/504:631.6

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

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ ПРИ МЕЛИОРАЦИИ И РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ[1]

Предлагается использовать теорию биогеохимических барьеров для обоснования приемов мелиорации и рекультивации земель. В качестве примеров рассмотрено орошение земель сточными водами животноводческих комплексов, при котором для устранения загрязнения подземных и речных вод рекомендуется создание биогеохимического барьера потоку нитратов в виде посева трав ниже по направлению течения, шириной примерно равного орошаемому участку. Для освоения земель с комплексным почвенным покровом рекомендуется «сухой» дренаж» на площади, равной днищу субдоминантного урочища. Практический 30-летний опыт мелиорации земель Палассовской оросительно-обводнительной системы показал, что сплошное орошение больших массивов при отсутствии естественной дренированности оказалось невозможным. Надобности в сплошном орошении подобных пятнисто засоленных земель – со сложным мезо- и микрорельефом, почти не обеспеченных естественным дренажем, мы не видим по причине его малой эффективности и экологической опасности. Для обоснования мероприятий предотвращающего вторичного засоления земель целесообразно использование понятия галогеохимической ёмкости или солеёмкости, т.е, установившихся равновесных запасов солей, сформировавшихся при длительных стационарных или квазистационарных внешних факторах: погодных, гидрогеологических, почвенных, организационно-хозяйственных. Смоделирована длительная многолетняя динамика солеемкости земель Колочной степи Западной Сибири, формирующаяся потоком подземных вод с предгорий Алтая. Понятие солеёмкости создает методологическую основу для мелиорации засоленных почв, которая должна сводиться к управлению этой солеёмкостью, а не к разовому удалению солей, например, при капитальных промывках без устранения причин, их вызывающих. Создание, разрушение, управление биогеохимическими барьерами раскрывает сущность мелиорации и рекультивации земель, дополняет их приемы. Для их применения требуются адекватные математические модели и способы долголетнего прогнозирования природных и антропогенных процессов.

Биогеохимические барьеры, перехват азота, доминантные и субдоминантные урочища, «сухой» дренаж, галогеохимическая ёмкость ландшафта (солеёмкость).

Введение. В 1993 г. кафедра мелиорации и рекультивации земель бывшего МГУП включила в учебный план дисциплину «Ландшафтоведение» [1], в последующем вошедшую в Федеральный государственный образовательный стандарт предложенного нами направления «Природообустройство и водопользование», применяемый всеми вузами России. По состоянию на июнь 2016 г. подготовка кадров по этому направлению ведется по 6 профилям: сельскохозяйственное водоснабжение и водоотведение, КИОВР, природообустройство, машины и оборудование для природообустройства, природоохранное обустройство территорий в 49 вузах России, из которых 17 находятся в подчинении Минсельхоза РФ, а остальные – в вузах другого подчинения.

Кафедра подготовила учебник «Ландшафтоведение», выдержавший издания в 2005 и в 2015 годах [2, 3]. Были разработаны математические модели влаго- и массопереноса при прогнозировании мелиоративных и рекультивационных процессов, проверенные экспериментально [4]. Стали разрабатываться методы управления биогеохимическими барьерами, раскрывающие суть этих процессов. В статье излагаются некоторые случаи применения теории биогеохимических барьеров.

Материалы и методы исследований. Учение о биогеохимических барьерах является частью геохимии ландшаф-

[1] Материал представлен в форме доклада 01.06.2016 на пленарном заседании конференции «50 лет Программы широкого развития мелиорации земель».

тов, основы которой заложил Б.Б. Полынов в 1934 г., а разработал их теорию А.И. Перельман [5]. Барьеры – это части ландшафта, в которых на относительно коротком расстоянии изменяется скорость миграции химических элементов и, как следствие, происходит избирательное накопление или удаление элементов, скачком изменяется их концентрация.

Геохимические барьеры формируются в результате закономерной пространственной эволюции ландшафтов, а также под воздействием деятельности человека. Различают два типа биогеохимических барьеров: естественные (слои почвы, грунтов, заболоченный луг, замкнутый водоем, болото, кустарник, лес и т.п.) и техногенные (водохранилище, лесополоса, мелиоративная система с оросительной и дренажной сетями, специально организованные инженерно-экологические системы, например, стена в грунте, биоплато в устьях мелиоративных каналов и т.п.). Оба типа барьеров, в зависимости от вида миграции элементов, А.И. Перельман подразделяет на три класса:

- механические (компоненты природы работают как фильтр);
- физико-химические процессы (окислительные, восстановительные, глеевые, сульфидные, сульфатно-карбонатные, щелочные, кислые, испари-тельные, адсорбционные, термодинамические, гидрофизические и т.п.);
- биогеохимические процессы с удержанием биотой ряда макро- и микроэлементов;
- комплексные барьеры (имеют место при сочетании разных природных барьеров с техногенными на системах мелиорации и рекультивации).

Биогеохимические барьеры характеризуются проводимостью отложений, а также своими ёмкостными свойствами. Имеются классификации барьеров и по другим признакам.

Рассмотрим применение биогеохимических барьеров при орошении земель сточными водами, при освоении земель со сложным рельефом и комплексным почвенным покровом, а также оценку ёмкости этих барьеров.

При утилизации стоков животноводческих предприятий используется полив кормовых культур на ирригационных полях утилизации (ИПУ), на которых достигается эффективная и недорогая очистка сточных вод от биогенов [6]. Хорошо развитый растительный покров интенсивно поглощает биогены из почвенного слоя (например, азота – до 300…500 кг/га, и др.). При этом нельзя допускать загрязнения подземных и поверхностных вод. Такая технология основана на экономном режиме орошения и на использовании комплекса биогеохимических барьеров, который по нашему предложению дополнен «барьерным» посевом тех же культур (трав), орошаемых чистой водой. Этот посев располагают ниже по течению грунтовых вод (на пойме) и он служит дополнительным средством перехвата оставшегося азота после поля ИПУ, что показано на рисунке 1.

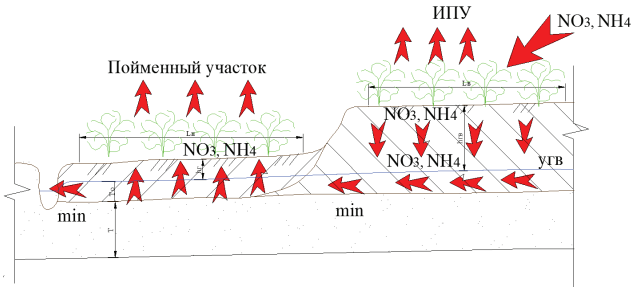

Рис. 1. **Схема работы биогеохимического барьера на пойме при орошении сточными водами на ирригационных полях орошения (ИПУ)**

Эффективность такого барьера может быть оценена путем математического моделирования совместного передвижения влаги и соединений азота [4, 6]. В этой модели использованы законы передвижения почвенной влаги при неполном и полном влагонасыщении и гидравлическое взаимодействие пластов; рассмотрено передвижение катиона аммония NH_4 и нитрат-аниона NO_3; учтены процессы конвекции, диффузии, сорбции и десорбции, аммонификации, нитрификации, денитрификации, поглощения азота корнями растений, приближенно учтено гумусообразование, фиксация азота из воздуха. Использованы известные зависимости этих процессов от влажности почвы, её температуры, pH почвенного раствора; применена модель продуктивности растений В.В. Шабанова с учетом их «перекормки» азотом [4].

Результаты исследований. Результаты многолетнего моделирования полива подготовленными животноводческими стоками и оценки «мощности барьера» в условиях Волгоградской области приведены в таблице 1. Почвы на участке темно-каштa-

новые незасоленные, среднесуглинистые, нуждаются в орошении.

Орошаемый участок расположен на высокой, около 10…12 м над уровнем реки, надпойменной террасе с глубиной грунтовых вод около 7 м. Ниже по рельефу (на 5 м) имеется пойменная терраса с глубиной грунтовых вод около 2…3 м, на которой удобно разместить «барьерный» посев трав, орошаемый чистой водой.

Среднемноголетняя оросительная норма, по нашей оценке, равна 500 мм, максимальная за 50 лет наблюдений – 900 мм, подача чистого азота на ирригационные поля утилизации ИПУ с оросительной водой в среднем составила 400 кг/га. При экономном режиме полива достигается удовлетворительная утилизация азота посевом многолетних трав, достигающая 90% его подачи. Неперехваченный азот поступает в местную речную сеть, недопустимо загрязняя воду. При подключении предлагаемого барьера в зависимости от его ширины поступление неперехваченного азота в реку существенно снижается (табл. 1) и при ширине, несколько большей, чем участок ИПУ (в данном примере 800 м) практически устраняется. Заметим, что барьерный посев может быть эффективным при высокой его биологической продуктивности, для чего предусмотрено орошение пресной водой пониженными на 30% нормами, чтобы провоцировать восходящие потоки грунтовых вод, содержащих повышенную концентрацию азота, а также внесение на него азотных удобрений меньшей нормой. В таблице 1 приведены основные статьи баланса азота включая его вынос растительностью, суммарные потери на нитрификацию с учетом аммонификации и денитрификации, а также оценку перехвата оставшегося потока азота,%. Этот перехват существенно зависит от ширины барьера и может быть выбран эколого-экономическим сравнением вариантов, включающим в себя и плату за загрязнение рек. В данном примере показано природоохранное использование и эффективность комплексного биохимического и геофизического барьеров.

Таблица 1

Влияние ширины барьера на перехват азота

Ширина барьера, м	Удобрения, т	Вынос азота растениями, т	Потери азота, т	Поступление азота из грунтовых вод, т	Перехват азота барьером, %
400	120	116	26	22	53
600	180	175	34	28	69
800	240	233	41	34	82
1200	360	348	53	41	99

Примечание. Перехват азота на полях орошения сточными водами составил около 90%.

Освоение земель со сложным рельефом и комплексным почвенным покровом рассмотрено на территории Палассовской оросительно-обводнительной системы (ПООС), которая расположена в остроза-сушливом Северном Прикаспии на древних морских соленосных отложениях. Мезорельеф здесь представлен падинами глубиной 0,5…1,5 м, площадью 1…100 га и лиманами глубиной до 2 м, площадью в несколько км^2. Микрорельеф имеет вид западин глубиной 0,2…0,5 м с незасоленными темноцветными или лугово-каштановыми почвами и прилегающих к ним склонов со светло-каштановыми солонцеватыми почвами, и фоновых микроповышений с солончаковыми солонцами.

Территория ПООС очень слабо дренирована. На ней к 1970 г. была построена оросительная система без достаточного учета рельефных, почвенных и гидрогеологических условий, не будучи оборудованной дренажем. Необлицованные каналы приводили к большим потерям воды, быстрому (за 3 …4 года) подъему грунтовых вод с 7 до 1…3 м, и как следствие, к сильному сокращению оросительных норм с 6000…8000 до 1000…2000 м^3/га (появилась субирригация). Быстрыми темпами земли стали засоляться.

Используя математическую модель формирования водно-солевого режима при орошении [7], мы ретроспективно оценили процесс засоления орошаемых земель со сложным рельефом и плохой дренированностью. Динамика оросительных норм удовлетворительно совпала с фактической (рис. 2).

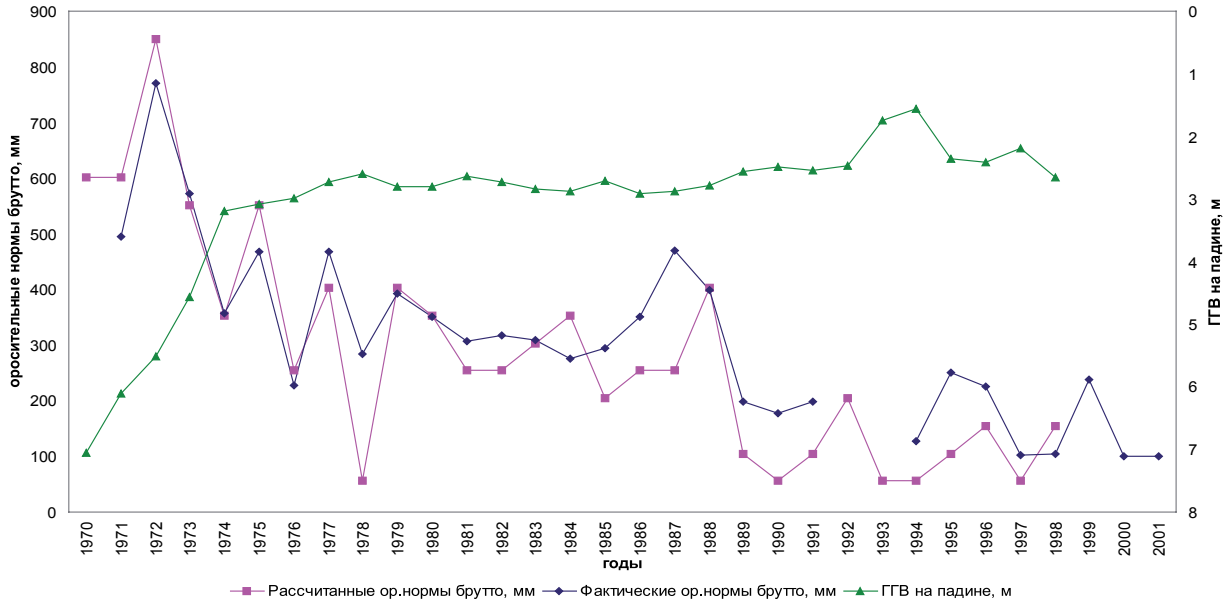

Рис. 2. **Ретроспективное моделирование ситуации при орошении земель ПООС**

Институтом леса АН РФ предложено рассматриваемую территорию представлять в виде вложенных друг в друга доминантных (возвышенные пространства со своим микрорельефом) и субдоминантных урочищ с западинами, содержащими, в свою очередь, возвышенные, склоновые и пониженные фации (рис. 3) [8].

Рис. 3. **Ландшафтное представление земель Северного Прикаспия**

На основе этого мы применили известную схему «сухого» дренажа, когда сравнительно небольшие орошаемые участки окружены бездренажной территорией, которая принимает отток грунтовых вод и расходует их на испарение, т.е. схему оазисного орошения. Для этого С.Ф. Аверьяновым разработана несложная теория радиально-осевой фильтрации, а для совместного движения влаги при полном и неполном насыщении и растворенных в ней солей с учетом сложного рельефа нами разработана и использована соответствующая двумерная математическая модель [7] и выполнена серия расчетов при разном сочетании орошаемых площадей и недренированных территорий (табл. 2).

Таблица 2

Результаты моделирования оазисного орошения при разной доле орошаемых земель

Площадь падины, га,%	Боковой отток, мм	Промываемость, мм	Испарение, мм	Оросительная норма, мм	Глубина грунтовых вод, м	Запасы солей, кг/га в слое		Сумма солей в 1 м слое, %	
						14 м	5 м	в падине	на склоне
38 (12%)	18	88	612	311	3,4	77	5	0,04	0,48
79 (25%)	13	75	615	300	3,1	97	10	0,04	0,66
154 (49%)	6	66	618	290	2,8	128	23	0,09	0,87
227 (72%)	3	62	621	275	2,6	146	35	0,14	0,92

Примечание. Площадь падины выражена как часть общей площади.

Как показали расчеты, орошаемые падины могут обеспечить местное население овощами, а животноводство, имеющее отгонный характер, – страховыми запасами кормов на период суровых зим. Надобности в сплошном орошении подобных пятнисто засоленных земель со сложным мезо- и микрорельефом, почти не обеспеченных естественным дренажем, мы не видим по причине виду его малой эффективности

и экологической опасности, что доказано 30-летним опытом. Обводнительная часть системы необходима для водоснабжения населенных пунктов этого безводного региона. При оазисном орошении в основном эксплуатируется испарительный барьер.

Предлагается понятие галоёмкости (солеёмкости) ландшафта как установившиеся равновесные запасы солей, сформировавшиеся при длительных стационарных или квазистационарных внешних факторах: погодных, гидрогеологических, почвенных, организационно-хозяйственных [9]. Этот термин был предложен нами в 2008 г. с целью обоснования мероприятий по рассолению почв.

Засоленность может направленно изменяться в многолетнем разрезе, но при стабильных внешних воздействиях, даже циклично изменяющихся, она достигает определенного, стабильного в многолетнем разрезе уровня, что мы и предлагаем называть галогеохимической ёмкостью или кратко – солеёмкостью. Это положение, например, подтверждается результатами длительного прогноза засоления и рассоления почв Колочной степи в Барабинской низменности (Западная Сибирь) в случае изменения положения базиса эрозии.

Моделировалось изменение базиса эрозии (повышение уровня в естественных дренах с 3-х до 1,5 м и последующее их опускание) при регулярном притоке подземных вод с предгорий Алтая, имеющих минерализацию около 5 г/л. В начале моделирования длительного предшествовавшего периода, равного 150 лет, установились стабилизировавшиеся при глубине базиса эрозии 3 м солезапасы в 6 метровом слое, равные 200 т/га. После повышения базиса эрозии и уменьшения глубин грунтовых вод сформировалась новая солеёмкость, которая стала заполняться, солезапасы стали увеличиваться, но с переменной скоростью, и через 90…100 лет практически стабилизировались на уровне около 600 т/га. В дальнейшем при снятии подпора в естественных дренах были созданы условия для формирования исходной солеёмкости (до подпора), вследствие чего солезапасы стали уменьшаться, правда, с меньшей скоростью, и восстановились на исходном уровне через 120…140 лет (рис. 4).

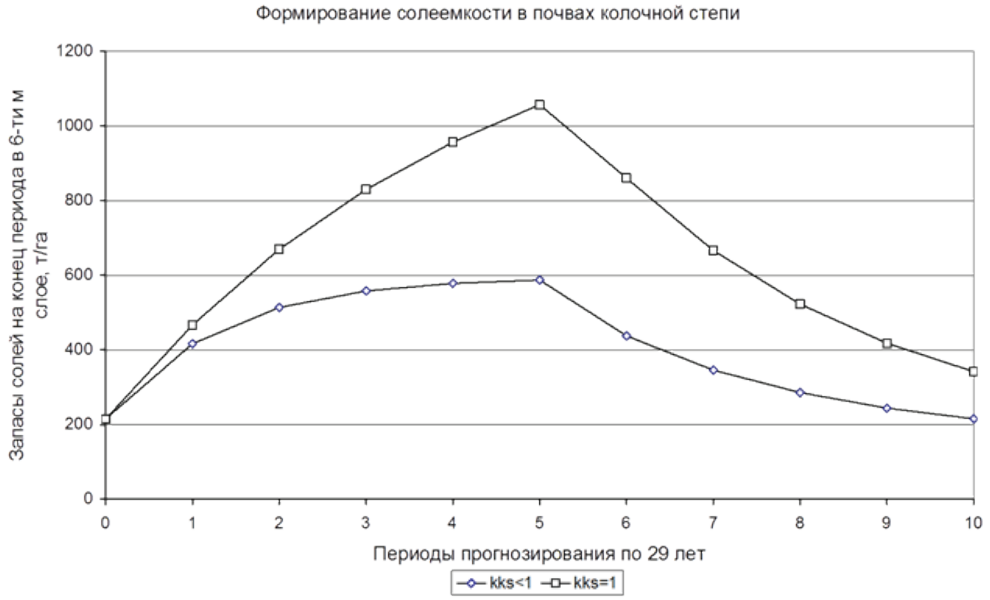

Рис. 4. **Формирование солеёмкости в почвах Колочной степи Западной Сибири**

Следует отметить необходимость определенной полноты подобных моделей, которые должны содержать реально существующие механизмы сдерживания природных процессов или иметь обратные связи, объясняющие их затухание. В данном случае уменьшение скорости соленакопления было объяснено фактором снижения транспирации влаги растительным покровом при засолении почвы и при его угнетении. Это обеспечивалось введением в расчеты коэффициента засоления $kks < 1$. Без его учета получался неограниченный рост солезапасов (рис. 4, верхняя кривая).

Таким образом, понятие «солеёмкость» создает методологическую основу для ме-

лиорации засоленных почв, которая должна сводиться к управлению солеёмкостью, а не к разовому удалению солей, например, при капитальных промывках без устранения причин их вызывающих.

Для теоретической оценки солеёмкости можно воспользоваться разработками С.Ф. Аверьянова, опубликованными в 1965 г. [10]. В этой работе он предложил способы оценки установившихся среднемноголетних запасов солей в аридной зоне при неглубоких минерализованных грунтовых водах.

Выводы

Создание, разрушение, управление биогеохимическими барьерами раскрывают сущность мелиорации и рекультивации земель, дополняют их приемы, для их применения требуются адекватные математические модели и способы долголетнего прогнозирования природных и антропогенных процессов.

Библиографический список

1. Голованов А.И. Мелиорация ландшафтов // Мелиорация и водное хозяйство. – 1993. – № 3. – С. 6–8.

2. Ландшафтоведение: Учебник / Под ред. А.И. Голованова. – М.: «КолосС», 2005. – 216 с.

3. Ландшафтоведение: Учебник / Под ред. А.И. Голованова. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Изд. «Лань», 2015. – 224 с.

4. Природообустройство: Учебник / Под ред. А.И. Голованова. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Изд. «Лань», 2015. – 560 с.: ил.

5. Перельман А.И. Геохимия ландшафта // Учебное пособие для географических и геологических специальностей университетов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1975. – 341 с.

6. Экологически безопасная технология утилизации животноводческих стоков: Учебно-методическое пособие / А.И. Голованов, В.А. Евграфов – М.: Изд. МГУП, 2004. – 60 с.

7. Голованов А.И., Сотнева Н.И. Математическое моделирование влаго- и солепереноса в геосистемах солонцовых комплексов Северного Прикаспия // Почвоведение. – 2009. – № 3.– С. 273–289.

8. Доскач А.Г. Природное районирование Прикаспийской полупустыни. – М.: Наука, 1979. – 144 с.

9. Голованов А.И. Управление галоёмкостью ландшафтов // Природообустройство. – 2008. – № 2. – С. 19–25.

10. Аверьянов С.Ф. Некоторые вопросы предупреждения засоления орошаемых земель и меры борьбы с ним в Европейской части СССР // В сб.: Орошаемое земледелие в Европейской части СССР. – М.: «Колос», 1965.

Материал поступил в редакцию 15.07. 2016.

Сведения об авторах

Голованов Александр Иванович, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник Института природообустройства имени А.Н. Костякова ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550. г. Москва, ул. Прянишникова д.19; e-mail a.i.golovanov@mail.ru, тел. 8-916-341-35-51.

Максимов Сергей Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Мелиорация и рекультивация земель»; ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550. г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44; e-mail: s.a.maksimov@mail.ru; тел. 8-985-239-68-9.

A.I. GOLOVANOV, S.A. MAKSIMOV

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

APPLICATION OF THE THEORY OF BIOGEOCHEMICAL BARRIERS UNDER LAND RECLAMATION AND RECULTIVATION[2]

It is proposed to use a theory of biochemical barriers to substantiate methods of land reclamation and recultivation. As an example, land irrigation by waste water of cattle breeding complexes is considered when creating a biochemical barrier to the flow of nitrates in the way of grasses sowing lower along the flow direction, width approximately equal to the irrigated area which is recommended for elimination of ground and river water pollution. For land

[2] The material was presented in a form of the report 01.06.2016 at the plenary meeting of the conference «50 years of the Program of wide development of land reclamation».

development with a complex soil covering «dry» drainage» is recommended on the area equal to the bottom of a subdominant hole. The 30 years practical experience of land reclamation of the Palassovskoj irrigation-watering system showed that the entire irrigation of large areas appeared impossible when there was no natural drainage. We do not see the necessity in the entire irrigation of similar spotty salted lands – with a complex mezzo- and micro relief, almost unprovided with natural drainage due to the reason of its small efficiency and ecological danger. For substantiation of the measures of the preventing secondary land salinization it is feasible to use a conception of halo geochemical capacity or salts capacity, that is equilibrium salts supplies formed under long-term stationary or quasi-stationary external factors: weather, hydrological, soil, organizational-economic. There is simulated a long-term dynamics of the land salts capacity of the Kolochnij steppe of the Western Siberia formed by a flow of ground water from the Altai foothills. The conception salt capacity creates a methodological basis for reclamation of saline soils which should be turned out to the control of this salts capacity but not to occasional salts removal, for example, under major washing without tackling the causes. Creation, destruction, control of biogeochemical barriers reveals the essence of land reclamation and recultivation, replenishes their methods. For their usage there are required adequate mathematical models and ways of long-term forecasting of natural and anthropogenic processes.

Biochemical barriers, nitrogen interception, dominant and subdominant holes, «dry» drainage, halo geochemical capacity of landscape (salts capacity).

Reference

1. Golovanov A.I. Melioratsiya landshaftov // Melioratsiya I vodnoye hozyajstvo. – 1993. – № 3. – S.6–8.

2. Landshaftovedenie: Uchebnik / Pod red. A.I. Golovanova. – M.: «KolosS», 2005. – 216 s.

3. Landshaftovedenie: Uchebnik / Pod red. A.I. Golovanova. – 2-e izd., ispr. i dop. – SPb.: Izd. «Lanj», 2015. – 224 s.

4. Prirodoobustroistvo: Uchebnik / Pod red. A.I. Golovanova. – 2-e izd., ispr. i dop. – SPb.: Izd. «Lanj», 2015. – 560 s.

5. Pereljman A.I. Geohimiya landshafta // Uchebnoye posobie dlya geographicheskih I geologicheskih spetsialjnostej universitetov. 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Vysshaya shkola, 1975. – 341s.

6. Ecologicheskaya bezopasnaya tehnologiya utilizatsii zhivotnovodcheskih stokov: Uchebno-metodicheskoye posobie / A.I. Golovanov, B.A. Evgrafov – M.: Izd. MGUP, 2004. – 60 s.

7. Golovanov A.I., Sotneva N.I. Matematicheskoye modelirovanie vlago- i soleperenosa v geosistemah solontsovyh complexov Severnogo Prikaspiya // Pochvovedenie. – 2009.– № 3.– S. 273–289.

8. Doskach A.G. Prorodnoye raionirovanie Pricaspijskoj polypustyni. – M.: Nauka, 1979. – 144 s.

9. Golovanov A.I. Upravlenie galoemkostjyu landshaftov // Prirodoobustroistvo S – 2008. – № 2. – C. 19–25.

10. Averianov S.F. Nekotorye voprosy preduprezhdeniya zasoleniya oroshaemyh zemelj i mery borjby c nim v Evropejskoj chasti SSSR // V sb.: Oroshaemoye zemledelie v Evropejskoj chasti SSSR.– M.: «Kolos», 1965.

The material was received at the editorial office 15.07. 2016.

Information about the authors

Golovanov Alexander Ivanovich, doctor of technical sciences, professor, honored scientist of RF, chief researcher of the Institute of environmental engineering named after A.N. Kostyakov FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, d. 19; e-mail a.i.golovanov@mail.ru, tel. 8-916-341-35-51.

Maksimov Sergey Alexeevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Lands reclamation and recultivation»; FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Boljshaya Academicheskaya, d. 44; e-mail s.a.maksimov@mail.ru; tel. 8-985-239-68-9.

УДК 502/504:631.6 (476)

***В.И. ЖЕЛЯЗКО, *Т.Д. ЛАГУН, **А.П. ЛИХАЦЕВИЧ**
*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки, Республика Беларусь
**РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Республика Беларусь

РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ГИДРОМЕЛИОРАЦИИ В БЕЛАРУСИ (ОБРАЗОВАНИЕ, НАУКА, ПРАКТИКА)

В статье приведена информация о развитии мелиорации в Республике Беларусь. Обоснована необходимость её применения, исходя из природно-климатических условий. Начало мелиоративных работ было положено в середине XIX в, получив государственную поддержку. Приведены сведения о современном состоянии, отмечено что основной задачей в ближайшей и среднесрочной перспективе развития мелиорации в Республике Беларусь является получение максимальных доходов от сельскохозяйственного использования мелиорированных земель при минимальных издержках и удовлетворении экологических требований.

Мелиорация, переувлажненные земли, водный режим на мелиорируемых землях.

Беларусь относится к наиболее увлажненным странам Европы. Общая площадь переувлажненных и заболоченных потенциально плодородных земель на ее территории в начале 19 в превышала 8 млн га. В некоторых районах заболоченность достигала 80%. Сформировавшиеся в таких условиях существенные ограничения в развитии производительных сил и в то же время выгодное расположение на пересечении торговых путей не могли не привлекать внимание правительства и населения к осушительной мелиорации в этом регионе.

Гидромелиоративные приемы, способствующие сбросу избыточной влаги с заболоченных земель и их использованию в сельскохозяйственном производстве, стали изучаться и применяться в Беларуси с середины 19 в. В Горы-Горецком земледельческом институте (ныне Белорусская государственная сельскохозяйственная академия) с 1853 г. стало предметом исследований дренирование земель с целью их осушения. Как писал автор этих работ – выпускник института 1852 г. А.Н. Козловский, в будущем профессор, ученый в области гидромелиорации, «первоначально в виде опыта в малом масштабе, а с 1856 г. в более обширных размерах» [1].

Департаментом сельского хозяйства Министерства Государственных имуществ России с 1853 г. в Горы-Горецком земледельческом институте (ГЗИ) для эффективного решения проблем в аграрном производстве было организовано проведение ежегодных сельскохозяйственных съездов (конференций), целью которых было способствование развитию и улучшению сельского хозяйства западных и северо-западных губерний. Участники съездов обсуждали новые сведения по земледелию, скотоводству, лесоводству и занимались пропагандой передового опыта.

Вопросы сельскохозяйственных мелиораций были остро поставлены сразу же на первом сельскохозяйственном съезде в ГЗИ 1853 г. Участники съезда были ознакомлены с «пользой закрытого дренажа для полеводства и распространением его за границей». Заключительное постановление съезда, включающее в себе, в том числе, вопросы гидромелиорации, сразу же было поддержано Департаментом сельского хозяйства, что и послужило основной причиной того, что Министерство Государственных имуществ России стало развивать национальный опыт дренажных работ для осушения земель именно в Горы-Горках Могилевской губернии [1].

В 1855–1856 гг. в Горы-Горках были построены дренажный и кирпичный заводы, печи для обжига, навес для сушки дренажных трубок и кирпича. В течение 5 лет, с 1856 по 1860 г., было произведено около 287000 дренажных трубок диаметром от 1 до 5 дюймов (2,5–12,5 см). Дренаж был заложен на площади 94 десятины (свыше 103 га). Он предназначался для различных целей: дренирования огородных земель учебной фермы, торфяных лугов фольварков Иваново и Горки, осушения основания зданий [1].

Однако гидромелиорация в тот период осуществлялась в основном благодаря частной инициативе. Централизованные, финансируемые государством мелиоративные работы на территории Беларуси были начаты позднее, в семидесятые годы XIX в, когда с целью осушения «болотных пространств» в Минской и смежных с ней губер-

ниях (Гродненской, Могилевской и Волынской) в 1873 г. была образована «Западная экспедиция по осушению болот» под руководством генерала И.И. Жилинского.

Западная экспедиция с 1873 по 1897 г. проводила геоботанические (Г.И. Танфильев), метеорологические (А.И. Воейков), гидрометрические (Е.В. Оппоков) и др. исследования в районе Полесья. До 1909 г. на территории Беларуси реализовывались в основном мероприятия по улучшению сенокосов, лесов и созданию водных путей для лесосплава. За четверть века было построено более 4 тыс. км осушительных и водопроводящих каналов, улучшены 600 тыс. га естественных сенокосов, пастбищ и лесных угодий, около 100 тыс. га наиболее интенсивно осушенных земель стали использоваться под пашню [2].

Интерес к гидромелиорации в России повысился в период столыпинских реформ. С 1909 г. резко возросли бюджетные ассигнования на осушение земель под сельскохозяйственное производство и, соответственно, возникла острая необходимость его научного обеспечения. Развитию мелиоративной науки в этот период способствовали принятое в 1910 г. решение по организации в 1911 г. Минской болотной опытной станции (МБОС) – первого в регионе научного учреждения по осушению и использованию торфяных почв под культурные посевы. Первым директором станции стал магистр ботаники А.Ф. Флеров, затем его сменил доктор сельскохозяйственных наук А.Т. Кирсанов. С 1912 по 1917 г. в г. Минске под редакцией руководителей МБОС издавался научно-теоретический ежеквартальный журнал «Болотоведение», где освещались вопросы осушения болот в Минской губернии, Прибалтийском крае, Волыни, а также опыт осушения в странах Западной Европы, публиковались реферативные статьи, сообщения о съездах, выставках, курсах по мелиорации и т.п.

Накопление научных данных и попытки практической реализации осушительной мелиорации в западном регионе России постоянно наталкивались на нехватку специалистов. Дефицит квалифицированных кадров был столь ощутим, что, несмотря на хозяйственную разруху и гражданскую войну после революции 1917 г., в начале 1919 г. правительством РСФСР была поддержана инициатива коллектива преподавателей и учащихся Горецких сельскохозяйственных учебных заведений, выступивших с предложением о воссоздании Горы-Горецкого сельскохозяйственного института. Решением коллегии Наркомпроса РСФСР от 7 апреля 1919 г. сельскохозяйственный институт в Горках был восстановлен, а с 3 сентября в нем начались занятия на двух факультетах: сельскохозяйственном и культурно-техническом (ныне мелиоративно-строительном). В декабре совет института утвердил учебный план 3-годичного обучения, программы по геологии и минералогии, буровой технике, осушению, орошению и др. дисциплинам [3].

С участием известных ученых: профессоров Р.П. Спарро и А.Д. Дубаха, заведовавшими кафедрой сельскохозяйственной мелиорации (в 1919–1920 гг. – Р.П. Спарро, а с 1920 по 1924 г. – А.Д. Дубах), – на культурно-техническом факультете начали готовить специалистов-мелиораторов высшей квалификации. В сентябре 1922 г. рядом с Горецким лесничеством на обширном торфяном болоте под руководством профессоров А.Д. Дубаха и Р.П. Спарро была заложена трехкилометровая осушительная магистраль, и стали вестись наблюдения за ее действием на водный режим прилегающих земель, для чего при институте была организована так называемая Западная опытно-мелиоративная организация [2].

В 1925 г. произошло слияние двух высших учебных заведений: Горецкого сельскохозяйственного института (г. Горки) и Белорусского института сельского хозяйства (г. Минск), – на базе которых в Горках была образована Белорусская сельскохозяйственная академия. В академии в составе мелиоративного факультета работали кафедры сельскохозяйственной мелиорации, гидрометрии и гидрологии, экономики мелиорации, осушения и торфяного дела, орошения и обводнения, инженерно-мелиоративных изысканий и др.

В эти годы мелиоративный факультет окончили многие в будущем известные ученые в области мелиорации и мелиоративного земледелия. Например, в 1924 г. мелиоративный факультет окончил А.Ф. Печкуров, в будущем доктор наук, профессор, заслуженный деятель науки; в 1925 г. – А.И. Ивицкий, доктор наук, профессор, член-корреспондент АН БССР, заслуженный деятель науки; В.М. Зубец, доктор наук, профессор, заслуженный деятель науки, возглавивший впоследствии Белорусский НИИ мелиорации и водного хо-

зяйства; а в 1927 г. – Г.И. Лашкевич, доктор наук, профессор, член-корреспондент АН БССР, заслуженный деятель науки [3].

Как итог обобщающей работы сотрудников мелиоративного факультета под руководством А.Д. Дубаха в 1928 г. издана монография «Сельскохозяйственная мелиорация для агрономов и лесоводов», где сформулирована основная цель мелиоративной науки на тот период – разработка технических приемов и средств для «изменения коренным образом к лучшему условий роста растений на земной поверхности». Параллельно с научной работой ученых и преподавателей мелиоративного факультета в Горках также на Минской опытной болотной станции формировался и рос коллектив специалистов, активно ведущих научную работу в области осушения болот и заболоченных земель. В октябре месяце 1929 г. Белорусское правительство обратилось в Совнарком СССР с предложением об объединении «всего научно-исследовательского дела по вопросам изучения мелиорации и культуры болот» в едином Всесоюзном болотном институте, с включением его в состав организуемой Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина. Согласно постановлению Совнаркома СССР от 18 мая 1930 г. в системе Всесоюзной сельскохозяйственной академии им. В.И. Ленина на базе отдела мелиорации и культуры болот Белорусского НИИ сельского и лесного хозяйства и Минской опытной болотной станции в г. Минске был образован Всесоюзный научно-исследовательский болотный институт. Перед институтом была поставлена задача по систематическому изучению болот и лугов: их природы, культуры и экономики использования.

К этому году на мелиоративном факультете сельскохозяйственной академии в Горках обучение велось уже на трех отделениях: гидротехническом, торфяном и культурно-техническом. Но в 1931 г. академия распадается на 10 отдельных институтов включая мелиоративный. В 1933 г. опять произошло объединение всех учебных заведений в Горках в Белорусский сельскохозяйственный институт (БСХИ), который в 1936 г. окончил (и до 1941 г. работал в нем) С.Г. Скоропанов, в будущем доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный деятель науки БССР, академик АН БССР, академик Российской академии сельскохозяйственных наук, более 10 лет – директор Белорусского научно-исследовательского болотного института (до В.М. Зубца).

В 1933 г. было создано Главное управление мелиорации и водного хозяйства БССР, начали появляться и активно работать мелиоративные коммуны. Наиболее известная из них была организована на месте бывших Марьинских болот, что на Любанщине. (Героическая эпопея отвоевывания у болот и преобразования плодородных земель воспета нашим знаменитым поэтом Янкой Купалой в поэме «Над рекой Оресой»). К 1941 г. на территории Беларуси (в основном на Полесье) было осушено 270 тыс. га болот и, кроме того, около 300 тыс. га сенокосов и пастбищ улучшено при помощи культуртехнических работ.

Научно-образовательная и производственная работа по осушению земель прервалась только на период Великой Отечественной войны и возобновилась сразу же после освобождения Беларуси от немецко-фашистских захватчиков. За 20 послевоенных лет в сельскохозяйственное использование мелиораторами было передано около 1 млн га осушенных земель. Темпы мелиоративного строительства постоянно росли. Например, только в течение 1965 г. было введено в эксплуатацию более 100 тыс. га первичного осушения и около 50 тыс. га реконструировано.

В этот период Белорусский научно-исследовательский болотный институт в г. Минске испытал ряд реорганизаций с изменением названия и ведомственной подчиненности, а в 1966 г. в соответствии с Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 465 «О широком развитии мелиорации земель для получения высоких и устойчивых урожаев зерновых и других сельскохозяйственных культур» Белорусский научно-исследовательский институт мелиорации и водного хозяйства был передан в непосредственное подчинение Министерству мелиорации и водного хозяйства СССР.

В послевоенные годы рос и развивался мелиоративный факультет Белорусской сельскохозяйственной академии (БСХА) в Горках. Особый расцвет факультета начался с 1965 г. Возросла численность приема на первый курс, которая в 70-е г. достигала 250 чел. Мелиоративные кадры готовили высококлассные преподаватели: профессора и доценты Б.И. Яковлев, А.Н. Леушев, Н.Н. Добролюбов, П.У. Равовой и др.

К этому периоду относится наиболее бурный рост мелиоративных работ и рас-

цвет мелиоративной науки в Беларуси. В НИИ мелиорации и водного хозяйства в г. Минске впервые появилось и получило дальнейшее развитие новое направление, включающее в себя изучение гидрологических режимов осушаемых территорий и разработку методов водно-балансовых расчетов для обеспечения оптимального режима увлажнения. Для более углубленного проведения научных исследований на территории Белорусского Полесья были созданы Полесский комплексный отдел в г. Пинске и Полесская опытно-мелиоративная станция в Лунинецком районе Брестской области. Расширились исследования института и на севере республики, где к этому времени было осушено около 1 млн га переувлажненных минеральных почв, обладающих высоким плодородием. С целью изучения эффективности осушения и его обоснования в этом регионе в середине 80-х гг. создана Витебская опытно-мелиоративная станция (Сенненский район Витебской области). В целом работа института охватывала обширный регион включая, кроме территории Беларуси, западные области России.

В 1970–1980-е г. в Белорусском научно-исследовательском институте мелиорации и водного хозяйства работали около 10 докторов и более 50 кандидатов наук, постоянно наращивался приток молодых кадров. За все годы работы института существенный вклад в становление и развитие мелиоративной науки в Беларуси внесли ученые – в большинстве выпускники мелиоративного факультета в Горках, работавшие в разные годы: З.Н. Денисов, Н.Ф. Лебедевич и др. (типизация болот и разработка основ луговедения); Е.В. Руденко, Н.В. Синицын, Д.А. Забелло, Н.Ф. Башлаков и др. (формирование основ лугового кормопроизводства на осушенных землях); А.Т. Кирсанов, И.С. Лупинович, С.Г. Скоропанов, Г.И. Лашкевич, В.И. Белковский, С.В. Кулеш, С.И. Тризно и др. (повышение экономической эффективности и экологической сбалансированности использования торфяных почв); Г.И. Афанасик, П.И. Закржевский, В.М. Зубец, А.И. Ивицкий, К.Я. Кожанов, К.П. Лундин, А.И. Мурашко, А.Ф. Печкуров, В.Ф. Шебеко, Г.Д. Эркин, В.Ф. Карловский, И.В. Минаев, Л.А. Холодок, А.И. Михальцевич и др. (разработка новых конструкций, обоснование и разработка методик расчетов, технологии строительства и управления гидромелиоративными системами); Г.М. Лыч, А.Н. Геращенко и др. (экономическое обоснование мелиорации). Развитие мелиоративной науки в Беларуси базировалось на трудах выдающихся российских ученых мелиораторов, водников и почвоведов, ее классиков – А.Н. Костякова, С.Ф. Аверьянова, А.Д. Брудастова, П.Я. Полубариновой-Кочиной, А.А. Роде и др.

С 1965 по 1970 г. темпы мелиоративного строительства в Беларуси сохранялись достаточно высокими, но в 70-е г. проявилась тенденция их снижения. К 1980 г. они сократились примерно наполовину, а к 2000 г. практически прекратились. Снизились также и объемы реконструкции (с 30 тыс. га в 1990 г. до нескольких тыс. га в 2000-е гг.). Во все периоды мелиоративного строительства многие выпускники мелиоративного факультета БСХА занимали высокие руководящие посты в отрасли как в БССР, так и в Российской Федерации (А.В. Алексанкин, А.А Шахнович, А.П. Басюкевич, Г.Г. Гулюк и др.).

В 1992 г. Белорусский НИИ мелиорации и водного хозяйства (г. Минск) вошел в состав Академии аграрных наук Республики Беларусь под новым названием – Белорусский НИИ мелиорации и луговодства. Ареал его исследований сократился до территории Беларуси.

Отсутствие заказов на масштабное мелиоративное строительство в начале 90-х г. объективно показало, что этап решительных мелиоративных преобразований в республике завершен. На повестку дня встала необходимость пересмотра направлений развития отрасли. В 1994 г. в Беларуси принята Концепция (Основные направления) развития мелиорации земель и их использования в РБ. Главной целью новой концепции стало сохранение осушенных земель. Прежний подход кардинального улучшения неблагоприятных условий естественной природной среды стал неприемлем из-за чрезвычайно больших затрат на его осуществление и большого экологического давления на окружающую среду.

Осуществленная во второй половине XX в. в Республике Беларусь крупномасштабная сельскохозяйственная гидромелиорация (в настоящее время используется около 3 млн га осушенных земель) существенно изменила условия аграрного сектора экономики страны. В среднем на одно коллективное хозяйство приходится более чем по 1000 га земель с улучшенным водным режимом,

а по Брестской области – более 1,5 тыс. га. В Брестской, Гомельской и полесских районах Минской и Могилевской областей растениеводство в значительной степени переместилось на осушенные земли, а в некоторых районах (Березовский, Ганцевичский, Дрогичинский, Ивановский, Ивацевичский, Кобринский, Лунинецкий, Малоритский, Пинский) осушенные земли составляют до 80% площади сельскохозяйственных угодий.

В настоящее время необходимость в расширении сельхозугодий отсутствует, и можно констатировать, что этап строительной мелиорации в Беларуси завершен. Основной задачей в ближайшей и среднесрочной перспективе следует считать получение максимальных доходов от сельскохозяйственного использования мелиорированных земель (в осушение вложено порядка 10 млрд долл. США) при минимальных издержках и удовлетворении экологических требований. При этом вместо прежней стратегии мелиорации – кардинального изменения естественных условий – упор сделан на адаптивную стратегию. В соответствии с ней с целью снижения затрат должна осуществляться согласованная трансформация использования мелиорированных земель: наряду с реконструкцией и полным восстановлением вышедших из строя мелиоративных систем на части территорий экономически более обоснованным может быть изменение структуры сельскохозяйственного использования. При этом следует подчеркнуть, что суммарный эффект мелиорации заключается не столько в самом факте осушения, сколько в создании такого водного режима на мелиорируемых землях, который позволил бы в полной мере задействовать все другие факторы повышения плодородия почв, а также своевременно и качественно осуществлять все требуемые агротехнические приемы: от сева и до завершения уборки урожая.

Дальнейший путь развития мелиорации в Беларуси можно прогнозировать с учетом двух обстоятельств: во-первых, опыта мировых лидеров сельскохозяйственного производства; во-вторых, тех экономических условий, которые сложились в нашем государстве. Исходя из требования максимального удешевления реконструкции мелиоративных систем наибольшее применение должны найти способы мелиорации, реализуемые через простейшие конструктивные решения. В наибольшей степени данному требованию отвечают приемы малой мелиорации (агромелиорации): организация поверхностного стока и перевод его части во внутрипочвенный, улучшение водно-физических свойств почв, снижение водной эрозии путем применения специальной технологии обработки почвы. Кроме того, при реконструкции следует широко использовать те действующие элементы мелиоративных систем, которые исправны, а также те, восстановление которых не потребует значительных затрат. На передний план выходят адаптивные сельскохозяйственные мелиорации: комплекс приемов, средств и технологий, направленных на улучшение водного режима почв с использованием конкретных почвенно-рельефных, гидрологических и гидрогеологических условий каждого участка. Основной особенностью адаптивных мелиораций, составной частью входящих в контурно-мелиоративное обустройство территории, испытывающей переувлажнение, является обязательная увязка структуры использования земель с их потенциальным плодородием и соответственно с водным режимом.

В заключение отметим, что необходимо учитывать также и социальные аспекты выполненного в XIX–XX в. мелиоративного преобразования земель. Осуществление комплексных мелиоративных мероприятий коренным образом изменило условия труда и жизни значительной части сельского населения Беларуси. И этот (уже достигнутый) уровень благосостояния народа, конечно, следует поддерживать и повышать.

Библиографический список

1. Козловский А.Н. Дренажные работы при Горы-Горецких учебных заведениях. // Журнал МГИ. Т. LXXV. Отд. II. – СПб., 1860.

2. Дубах А.Д. История и действие первого дренажа в России / Записки Горецкого СХИ.Т. 2. – Горки, 1925.

3. Летопись Белорусской государственной сельскохозяйственной академии (1840–2010). – Горки: УО «БГСХА», 2010.

Материал поступил в редакцию 30.05.2016.

Сведения об авторах

Желязко Владимир Иосифович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, декан мелиоративно-строительного факультета, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 213407, Республика Беларусь, г. Горки Могилевской обл.,

ул. Мичурина д. 5, деканат МСФ; e-mail: msfdekan@mail.ru; тел.: 8-10-375-2233-7-97-37.

Лагун Тихон Данилович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой, 213407, Республика Беларусь, г. Горки Могилевской обл., ул. Мичурина, д. 5, кафедра МиВХ; e-mail: msfdekan@mail.ru.

Лихацевич Анатолий Павлович, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси. Республиканское научное унитарное дочернее предприятие «Институт мелиорации», 220040, Республика Беларусь г. Минск, ул. М. Богдановича, 153; e-mail: niimel@mail.ru

V.I. ZHELYAZKO, T.D. LAGUN, A.P. LIKHATSEVICH
UO «Belorussian state agricultural academy», Gorki, Republic of Belarus
RUP «Institute of reclamation», Minsk, Republic of Belarus

DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL RECLAMATION IN BELORUSSIA (EDUCATION, SCIENCE, PRACTICE)

There is given information in the article about development of land reclamation in the Republic of Belarus. The necessity of its use is substantiated proceeding from its natural-climatic conditions. The beginning of land reclamation work was set in the middle of the XIXth century having received a governmental support. There is given the data about the current situation, it is noted that the main task in the near and medium-term perspective of development of land reclamation in the Republic of Belarus is obtaining maximum returns from agricultural use of reclaimed lands under minimal costs and meeting ecological requirements.

Reclamation, overwetted lands, water regime on reclaimed landsю

Reference

1. Kozlovsky A.N. Drenazhnye raboty pri Gory-Goretskih uchebnyh zavedeniyah // Zhurnal MGI.T. LXXV. Otd. II. – SPb. 1860.

2. Dubah A.D. Istoriya i dejstvije pervofo granazha v Rossii / Zapiski Goretskogo SHI. T. 2. – Gorki, 1925.

3. Letopisj Belorusskoj gosudarstvennoj seljskohozyajstvennoj academii (1840–2010). – Gorki: UO «BSHA», 2010.

The material was received at the editorial office 30.05.2016.

Information about the authors

Zhelyazko Vladimir Iosifovich, doctor of agricultural sciences, professor, dean of the reclamation-building faculty, Belorussian agricultural academy, 213407, Republic of Belarus, town Gorki of the Mogilevskaya area, ul. Michurina, d. 5, dean's office MSF; e-mail: msfdekan@mail.ru; тел.: 8-10-375-2233-7-97-37.

Lagun Tikhon Danilovich, candidate of technical sciences, associate professor, head of the chair, 213407, Republic of Belarus, town Gorki of the Mogilevskaya area, ul. Michurina, d. 5, chair of MiVH; e-mail: msfdekan@mail.ru; тел.: 8-10-375-2233-7-97-37.

Likhatsevich Anatolij Pavlovich, doctor of technical sciences, professor, corresponding member of NAN Belarus. The Republican scientific unitary affiliate «Institute of land reclamation», 220040, Republic of Belorussia, Minsk, ul. M. Bogdanovicha, 153; e-mail: niimel@mail.ru.

УДК 502/504:635.658:631.6:631.5:631.8

С.О. ЛАВРЕНКО, М.В. МАКСИМОВ
Государственное высшее учебное заведение «Херсонский государственный аграрный университет», г. Херсон, Украина

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ВЫРАЩИВАНИЯ ЧЕЧЕВИЦЫ НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ УВЛАЖНЕНИЯ

Исследования по усовершенствованию элементов технологии выращивания чечевицы проводились путем постановки полевого опыта на территории сельскохозяйственного кооператива «Радянська земля» Белозерского района Херсонской области. В полевых опытах изучались такие факторы и их варианты: Фактор А – основная обработка почвы: отвальная на глубину 20–22 см; отвальная на глубину 28–30 см; Фактор В – фон

питания: без удобрений; $N_{45}P_{45}$; $N_{90}P_{90}$; Фактор С – густота растений, млн/га: 2,0; 2,5; 3,0; Фактор D – условия увлажнения: без орошения, при орошение. Полевые опыты были заложены в четырехкратной повторности. Расположение вариантов осуществлялось методом расщепленных участков с частичной рендомизацией. В опытах выращивали сорт чечевицы Линза. Влажность почвы в активном слое почвы (0–50 см) на вариантах орошения поддерживали на уровне 75–80% НВ. Полив осуществлялся с помощью дождевальной машины Кубань. В результате проведенных измерений было установлено, что максимальные показатели площади листовой поверхности были в фазу цветения при отвальной обработке почвы на глубину 28–30 см, внесении минеральных удобрений дозой $N_{90}P_{90}$ и густоте растений на 3,0 млн/га: в неорошаемых условиях – 21,63; при орошении – 32,52 тыс. м²/га.

Чечевица, обработка почвы, удобрения, увлажнение, густота растений, площадь листьев.

Введение. Формирование максимальной урожайности обусловлено оптимальной работой фотосинтетического аппарата на продуцирование органического вещества. Для каждого вида растения и их разновидностей, а также сортов (гибридов) площадь ассимиляционной поверхности различна и варьирует в широких пределах. Так, учеными установлено, что для зерновых культур оптимальной площадью листовой поверхности является 40–60 тыс. м²/га [8], а увеличение или уменьшение этой величины ведут к резкому уменьшению урожая. Для создания оптимальной площади фотосинтезирующей поверхности условия роста и развития растений должны быть самыми лучшими, т.е. все факторы жизни должны поступать в оптимальном количестве.

По данным ученых теоретический максимум урожайности зерна чечевицы может быть достигнут при площади листьев 41 тыс. м²/га, фотосинтетическом потенциале 1406 тыс. м²/га в сутки и чистой продуктивности фотосинтеза 2,5 г/м²/сут. в фазу бутонизации [6].

По полученным экспериментальным данным, площадь листовой поверхности чечевицы достигает наибольших размеров в период налива зерна при посеве по пару и полупаровым (викоовсяная смесь) предшественникам с предпосевной обработкой семян препаратом ЖУСС 2 Б (Си-32 г/кг, Мо-15 г/кг) и ЖУСС – 34,6–34,3 тыс. м²/га. Заметной разницы в динамике формирования листовой поверхности в зависимости от минерального питания не наблюдалось (без удобрений и $N_{30}\,P_{60}\,K_{60}$) [1–3]. По другим данным, в неорошаемых условиях Центрального Таджикистана, интенсивное нарастание площади листьев чечевицы наблюдалось в фазу цветения, но максимальный ее индекс (от 27,1 до 34,5 тыс. м²/га) формировался в фазе плодообразования. Разница по величине площади листьев по отношению к контролю (инокуляция) составила 4,4 тыс. м²/га, а в варианте инокуляция $+P_{46}\,K_{28,5}+B_1\,Mo_{0,5}$ была наибольшей – 7,0 тыс. м²/га [4, 5, 7].

Материал и методы. Исследования по усовершенствованию элементов технологии выращивания зерна чечевицы проводились путем постановки четырехфакторного полевого опыта на территории сельскохозяйственного кооператива «Радянська земля» Белозерского района Херсонской области.

В полевых опытах изучались такие факторы и их варианты: Фактор *А* – основная обработка почвы: отвальная на глубину 20–22 см; отвальная на глубину 28–30 см; Фактор *В* – фон питания: без удобрений; $N_{45}P_{45}$; $N_{90}P_{90}$; Фактор *С* – густота растений, млн/га: 2,0; 2,5; 3,0; Фактор *D* – условия увлажнения: без орошения; орошение. Полевые опыты были заложены в четырехкратной повторности. Расположение вариантов осуществлялось методом расщепленных участков с частичной рендомизацией. Во время проведения исследований руководствовались общепризнанной методикой полевых опытов.

Агротехника выращивания зерна чечевицы была общепринятой для зернобобовых культур в условиях Южной Степи Украины. В опытах выращивали сорт чечевицы Линза. После уборки предшественника (озимая пшеница на зерно) проводили двукратное дискование стерни на глубину 6–8 и 10–12 см. Основную обработку почвы выполняли согласно схеме опытов. Под основную обработку вносили минеральные удобрения сеялкой СЗ-3,6 нормой согласно схеме опытов. С целью дополнительного уничтожения сорняков и выравнивания почвы выполняли сплошную культивацию

на глубину 12–14 см. При наступлении физической спелости почвы весной проводили боронование БЗСС-1,0. Предпосевную культивацию проводили на глубину заделки семян. Посев выполнялся на глубину 5–7 см трактором *John Deere* 8400 с сеялкой *John Deere* 740А. Норму высева устанавливали согласно схеме опытов. Семена за 1–2 ч до посева обрабатывали биопрепаратами селекционных высокоэффективных штаммов клубеньковых бактерий (ризобофит чечевичный + фосфоэнтерин + биополицид в пропорции 1:10) при расчетной дозе инокулюма 10^6 бактерий/1 семя. В опытах использовалась жидкая форма препарата. После посева поле прикатывали кольчато-шпоровыми катками. Для борьбы с сорняками до всходов культуры вносили почвенный гербицид Гезагард 500 *FW* к.с. нормой 3,0 л/га. Против вредителей в фазу «Бутонизация – начало цветения» использовали инсектицид Нурел Д нормой 1,0 л/га. Влажность почвы в активном слое (0–50 см) на вариантах орошения поддерживали на уровне 75–80% НВ. Полив осуществлялся с помощью дождевальной машины Кубань. Уборку проводили прямым комбайнированием при полном дозревании бобов.

Результаты и обсуждение. Площадь листовой поверхности в фазу ветвления существенно не отличалась по вариантам опыта, кроме густоты растений. Загущение растений привело к увеличению площади ассимиляционной поверхности, но это было обусловлено количеством растений, а не фотосинтезирующей поверхностью одного растения. Так, при густоте растений 2,0 млн/га площадь листовой поверхности составляла, в среднем по опыту 3,21–3,22 тыс. м^2/га, при 2,5 млн/га – 4,54, 3,0 млн/га – 5,69–6,02 независимо от условий увлажнения.

Наибольшие изменения в динамике площади листовой поверхности чечевицы отмечались в фазу цветения (табл. 1). Именно в этот период растениями была сформирована наибольшая за вегетацию ассимиляционная поверхность, которая в дальнейшем и предопределила уровень и качество урожая зерна чечевицы.

Исследование влияния глубины отвальной обработки почвы показало, что углубление пахотного слоя положительно влияет на процессы формирования площади ассимиляционной поверхности. Так, выполнение вспашки на глубину 20–22 см в неорошаемых условиях способствовало формированию в среднем по опыту площади листовой поверхности чечевицы на уровне 17,69 тыс. м^2/га, а при орошении – 26,13.

Таблица 1

Площадь листовой поверхности чечевицы в фазу цветения в зависимости от исследуемых факторов, тыс. м^2/га (среднее за 2013–2015 гг.)

Основная обработка почвы (Фактор *A*)	Фон питания (Фактор *B*)	Густота растений, млн/га (Фактор *C*)		
		2,0	2,5	3,0
Без орошения (Фактор *D*)				
Отвальная на глубину 20–22 см	Без удобрений	14,29	16,29	17,29
	$N_{45}P_{45}$	16,16	18,29	19,38
	$N_{90}P_{90}$	17,32	19,60	20,61
Отвальная на глубину 28–30 см	Без удобрений	14,60	16,47	17,55
	$N_{45}P_{45}$	16,04	18,77	19,74
	$N_{90}P_{90}$	17,23	19,93	21,63
С орошением (Фактор *D*)				
Отвальная на глубину 20–22 см	Без удобрений	19,97	22,59	24,79
	$N_{45}P_{45}$	24,14	27,13	29,93
	$N_{90}P_{90}$	25,62	29,12	31,85
Отвальная на глубину 28–30 см	Без удобрений	20,80	23,06	25,36
	$N_{45}P_{45}$	24,61	28,04	30,66
	$N_{90}P_{90}$	26,18	30,36	32,52

$НИР_{05}$ за годы исследований составляла, тыс. м^2/га: для факторов *A*, *D* – 0,29…0,31; *B*, *C* – 0,35…0,38; взаимодействия *AD* – 0,40…0,44; *BD*, *CD*, *AB*, *AC* – 0,49…0,54; *BC* – 0,61…0,66; *ABD*, *ACD* – 0,70…0,76; *BCD*, *ABC* – 0,86…0,93; комплексного взаимодействия *ABCD* – 1,21…1,31.

Углубление вспашки на 8 см увеличило показатель на 1,8 и 2,7%, соответственно, но проведенный дисперсионный анализ экспериментальных данных показал не значимость этого увеличения.

Применение минеральных удобрений положительно повлияло на формирование ассимиляционного аппарата чечевицы. Максимальные показатели соответствующий показатель получил при внесении дозы $N_{90}P_{90}$, который составлял в неорошаемых условиях в среднем по опыту 19,39, а при орошении – 29,28 тыс. м^2/га.

Уменьшение дозы азотно-фосфорных удобрений $N_{45}P_{45}$ отразилось соответственно на площади фотосинтезирующего аппарата чечевицы. Так, в неорошаемых условиях уменьшения площадь ассимиляционного аппарата составляла 7,4%, достигнув минимальных значений на неудобренных вариантах 16,08 тыс. м^2/га. При орошении ситуация была аналогичной. На вариантах опыта, где минеральные удобрения не вносили, площадь листовой поверхности составляла в среднем по опыту 22,76 тыс. м^2/га, а внесение $N_{45}P_{45}$ увеличило фотосинтезирующий аппарат на 20,5%.

Увеличение количества растений на площади обеспечивало соответствующее изменение площади листовой поверхности. При густоте растений 2,0 млн/га площадь ассимиляционной поверхности в неорошаемых условиях колебалась от 14,29 до 17,23 тыс. м^2/га и была наименьшей из исследуемых густот. Загущение посевов чечевицы до 2,5 млн/га увеличило анализируемый показатель на 14,4%, достигая максимальных показателей, в среднем по опыту при густоте растений 3,0 млн/га: 19,37 тыс. м^2/га. Орошение способствовало увеличению площади листовой поверхности, поэтому показатели по сравнению с неорошаемыми вариантами были больше на 48,5%. В этих условиях при густоте растений 3,0 млн/га соответствующий показатель имел максимальные значения в среднем по опыту – 29,19 тыс. м^2/га и был больше за густоту 2,5 млн/га на 9,2; 2,0 млн/га – на 23,9%.

В конце вегетации площадь листовой поверхности существенно уменьшилась в связи с постепенным увяданием и усыханием листьев. При этом следует отметить, что динамика изменений фотосинтезирующего аппарата чечевицы сохранилась (табл. 2).

Таблица 2

Площадь листовой поверхности чечевицы в фазу созревания в зависимости от исследуемых факторов, тыс. м^2/га (среднее за 2013–2015 гг.)

Основная обработка почвы (Фактор *A*)	Фон питания (Фактор *B*)	Густота растений, млн/га (Фактор *C*)		
		2,0	2,5	3,0
Без орошения (Фактор *D*)				
Отвальная на глубину 20–22 см	Без удобрений	6,76	7,82	8,26
	$N_{45}P_{45}$	7,69	8,74	9,17
	$N_{90}P_{90}$	8,26	9,34	9,92
Отвальная на глубину 28–30 см	Без удобрений	6,96	7,88	8,31
	$N_{45}P_{45}$	7,68	8,99	9,44
	$N_{90}P_{90}$	8,22	9,55	10,30
С орошением (Фактор *D*)				
Отвальная на глубину 20–22 см	Без удобрений	7,15	8,29	8,96
	$N_{45}P_{45}$	8,65	9,83	10,73
	$N_{90}P_{90}$	9,07	10,29	11,39
Отвальная на глубину 28–30 см	Без удобрений	7,55	8,25	9,09
	$N_{45}P_{45}$	8,84	10,09	10,97
	$N_{90}P_{90}$	9,39	10,83	11,69

$НСР_{05}$ за годы исследований составляла, тыс. м^2/га: для факторов *A*, *D* – 0,11…0,14; *B*, *C* – 0,14…0,18; взаимодействия *AD* – 0,16…0,20; *BD*, *CD*, *AB*, *AC* – 0,20…0,25; *BC* – 0,24…0,30; *ABD*, *ACD* – 0,28…0,35; *BCD*, *ABC* – 0,34…0,43; комплексного взаимодействия *ABCD* – 0,48…0,61.

В фазу созревания остаточная площадь листовой поверхности чечевицы была наибольшей при вспашке на глубину 28–30 см в неорошаемых условиях, в среднем по опыту 8,59, при орошении – 9,63 тыс. м^2/га, а вспашка на 20–22 см уменьшила показатель на 1,8 и 2,8% соответственно.

На время полной спелости зерна чечевицы на вариантах внесения минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{90}$ в неорошаемых условиях площадь ассимиляционной поверхности осталась наибольшей и составляла в среднем по опыту 9,27 тыс. м^2/га, что в сравнении с дозой $N_{45}P_{45}$ было больше на 7,5%. Аналогичные изменения наблюдались и при орошении, где преимущество максимальной дозы составляло 6,0%. Наименьшая площадь листовой поверхности была на вариантах опыта, где минеральные удобрения не вносили, что составляло в неорошаемых условиях 7,67, а при орошении 8,22 тыс. м^2/га.

Загущение посевов способствовало увеличению площади фотосинтетической поверхности листьев чечевицы в среднем по опыту, в неорошаемых условиях с 7,60 (густота растений – 2,0 млн/га) до 9,23 тыс. м^2/га (3,0 млн/га). При орошении динамика была аналогичной, но показатели были больше на 11,5% и колебались от 8,44 (2,0 млн/га) до 10,47 тыс. м^2/га (3,0 млн/га).

Выводы

Максимальные показатели сформированной площади ассимиляционного аппарата растений чечевицы были в фазу цветения при орошении – 32,52, а в неорошаемых условиях – 21,63 тыс. м^2/га при отвальной обработке почвы на глубину 28–30 см, внесении минеральных удобрений дозой $N_{90}P_{90}$ и густоте растений на 3,0 млн/га.

Библиографический список

1. Абросимов А.С., Денисов Е.П., Солодовников А.П. Энергосберегающие технологии обработки почвы под чечевицу в Правобережье // Земледелие. – 2013. – № 7. – С. 38–40.

2. Абросимов А.А. Влияние предшественников, жидких удобрительно-стимулирующих составов и уровня минерального питания на урожайность чечевицы: Автореф. дис. на соискание уч. степени канд.с.-х. наук / А.С. Абросимов. – Саранск, 2003. – 20 с.

3. Абросимов А.А., Каргин И.Ф. Влияние предшественников, предпосевной обработки семян жидкими удобрительно-стимулирующими составами и уровня минерального питания на продуктивность чечевицы // Научные основы рационального землепользования сельскохозяйственных территорий северо-востока Европейской части России: Материалы науч. конф. – Сыктывкар, 2002. – С. 38–42.

4. Додихудоева Г.Р. Продуктивность чечевицы в зависимости от режима питания в условиях Гиссарской долины // Актуальные проблемы развития АПК Республики: Труды ТАУ. – Душанбе: ТАУ, 2000. – С. 59.

5. Додихудоева Г.Р. Симбиотическая фиксация азота воздуха и продуктивность чечевицы в зависимости от режима питания в условиях Центрального Таджикистана: Автореф. дис. на соискание уч. степени канд. с.-х. наук: / Министерство сельского хозяйства республики Таджикистан «Таджикский аграрный университет» – Душанбе, 2004. – 24 с.

6. Игнатушкин Е.П. Агробиологические особенности возделывания чечевицы в степной зоне Южного Урала: Дис.… канд.с.-х. наук. – Оренбург, 2002. – 203 с.

7. Касымов Д.К. Влияние удобрений на симбиотические параметры и урожайность чечевицы / Д.К Касымов, Т.А. Бухориев, Г.Р. Додихудоева // Материалы Республиканской конференции по зерновым и зернобобовым культурам. – Душанбе, 2004. – С. 52–53.

8. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А.А. Ничипорович, Л.Е. Строганова, С.Н. Чмара, М.П. Власова. – М.: АН СССР, 1961. – 133 с.

Материал поступил в редакцию 30.05. 2016

Сведения об авторах

Лавренко Сергей Олегович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ученый секретарь университета Государственное высшее учебное заведение «Херсонский государственный аграрный университет»; 73006 Херсон, Украина, ул. Розы Люксембург, д. 23; тел.: +380506628683, e-mail: lso2@yandex.ru;

Максимов Максим Валерьевич, аспирант, Государственное высшее учебное заведение «Херсонский государственный аграрный университет». 73006, Херсон, Украина, ул. Розы Люксембург, д. 23; тел.: +380506628683, e-mail: lso2@yandex.ru

S.O. LAVRENKO, M.V. MAXIMOV
The State higher educational institution «Kherson state agrarian university», Kherson, the Ukraine

THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL METHODS OF LENTIL GROWING ON THE PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY UNDER DIFFERENT CONDITIONS OF MOISTENING

Research on the improvement of elements of the technology of lentil cultivation was conducted by carrying out a field experiment in the area of the agricultural cooperative «Radyanska zemlya», Belozersky district, Kherson region. During the field experiments the following factors and their versions were studied: factor A – primary soil tillage: moldboard one to the depth of 20–22 cm; moldboard tillage to the depth of 28–30 cm; Factor B – nutrition background: without fertilizers; $N_{45}P_{45}$; $N_{90}P_{90}$; Factor C – plants density (million / ha): 2.0; 2.5; 3.0; Factor D – moistening conditions: without irrigation, under irrigation. Field experiments were carried out in a fourfold repeatability. Location of variants was fulfilled by a method of split plots with a partial randomization. The lentil variety Linza was cultivated in the experiments. The soil moisture in the active soil layer (0–50 cm) under irrigation conditions was maintained at the level of 75–80% HB. Watering was carried out by means of the irrigation machine Kuban. As a result of the fulfilled measurements it was established that the maximum values of the leaf surface area were in the blossoming phase under the plowing to the depth of 28–30 cm, applying mineral fertilizers in the dose of $N_{90}P_{90}$ and plant density of 3.0 million plants / ha: without irrigation – 21.63; under irrigation – 32.52 thousand m^2 / ha.

Lentil, soil tillage, fertilizers, moistening, plant density, leaf area.

Reference

1. Abrosimov A.S., Denisov E.P, Solodovnikov A.P. Energosberegayushchie tehnologii obrabotki pochvy pod chechevitsu v Pravoberezhje // Zemledeliye. – 2013. – № 7. – S. 38–40.

2. Abrosimov A.A. Vliyanie predshestvennikov, zhidkih udobriteljno-stimuliruyushchih sostavov I urovnya mineraljnogo pitaniya na urozhainistj chechevitsy: Avtoref. Dis. Na soiskanie uch. Stepeni cand.s.-h. Nauk / A.S. Abrosimov. – Saransk, 2003. – 20 s.

3. Abrosimov A.A., Kargin I.F. Vliyanie predshestvennikov, predposevnoj obrabotki semyan zhidkimi udobriteljno-stimuliruyushchimi sostavami I urovnya mineraljnogo pitaniya na productivnostj chechevitsy // Nauchnye osnovy ratsionaljnogo zemlepoljzovaniya seljskohozyajstvennyh territorij severa-vostoka Evropejskoj chaste Rossii: Materialy nauch. conf. – Syktyvkar, 2002. – S. 38–42.

4. Dodihudaeva G.R. Productivnostj chechevitsy v zavisimisti ot rezhima pitaniya v usloviyah Gissarskoj doliny // Actualjnye problemy razvitiya APK Raspubliki: Trudy TAU. – Dushanbe, 2000. – S. 59.

5. Dodihudaeva G.R. Simbioticheskaya fiksarsiya azota vozduha i productivnostj chechevitsy v zavisimisti ot rezhima pitaniya v usloviyah Tsentraljnogo Tajikistana: Avtoref. dis. na soiskanie uch. stepeni cand.s.-h. nauk: / Ministerstvo seljskogo hozyajstva respubliki Tajikistan «Tajiksky agrarny universitet». – Dushanbe, 2004. – 24 s.

6. Ignatushkin E.P. Agrobiologicheskie osobennosti vozdelyvaniya chechevitsy v stepnoj zone Yuzhnogo Urala: Dis.… cand.s.-h. nauk. – Orenburg, 2002. – 203 s.

7. Kasymov D.K. Vliyanie udobrenij na simbioticheskiye parametry I urozhajnostj chechevitsy / D.K. Kasymov, T.A. Buhoriev, G.R. Dodihudoeva // Materialy Respublikanskoj conferentsii po zernovym I zernobobovym kuljturam. – Dushanbe, 2004. – S. 52–53.

8. Nichiporovich A.A. Fotosinteticheskaya deyateljnostj rastenij v posevah / A.A. Nichiporovich, L.E. Stroganova, S.N. Chmara, M.P. Vlasova. – M.: AN SSSR, 1961. – 133 s.

The material was received at the editorial office 30.05.2016.

Information about the authors

Lavrenko Sergey Olegovich, candidate of agricultural sciences, associate professor, academic secretary of the University The State higher educational institution «Kherson state agrarian university»; 73006 Kherson, the Ukraine, ul. Rozy Lyuxemburg, d. 23; tel.: +380506628683, e- mail: lso2@yandex.ru;

Maximov Maxim Valerjevich – post graduate student, The State higher educational institution «Kherson state agrarian university»; 73006 Kherson, the Ukraine, ul. Rozy Lyuxemburg, d. 23; tel.: +380506628683, e- mail: lso2@yandex.ru.

УДК 502/504:631.6

С.А. ВАСИЛЬЕВ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ПО ФОРМЕ СКЛОНОВЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ

В статье предлагается, используя гидродинамическую характеристику водного потока, движущегося по подстилающей поверхности, подобрать противоэрозионные мелиоративные мероприятия на склоновых агроландшафтах, учитывая форму склона. Рассматривая морфологическую структуру склонового агроландшафта, выявляют череду фаций с квазипостоянными характеристиками. Горизонтальная связь рассматриваемых фаций предопределяет распределение атмосферных или искусственных осадков на склоне и потенциально влияет на эрозионные процессы подстилающей поверхности. Для построения гидродинамической характеристики водного потока используются данные измерений основных параметров подстилающей поверхности, определяемые с помощью приборного обеспечения, и уравнение движения временного водного потока. Поскольку фактически уклон склона меняется по фациям в зависимости от их удаленности от водораздела, по профилю водосбора, то предлагается функция склона. Графики функций для выпуклого и вогнутого склона в зависимости от его длины получены для условий Канашского района Чувашской республики по топографическим картам. В результате анализа графических зависимостей функций склонов установлено, что, например, для выпуклого склона величина уклона увеличивается с 0,011 до 0,082 по длине склона – до 1 км с величиной достоверности аппроксимации 0,977 для квадратичной функции. Решение системы уравнений движения временного водного потока и функции склона графоаналитическим способом представлено в виде номограммы для двух типов склонов: вогнутого и выпуклого. По полученным номограммам с учетом критических скоростей водного потока выявлено, что для выпуклого склона необходимость применения противоэрозионных мелиоративных мероприятий возникает по длине водосборной площади, а для вогнутого склона – на начальном участке склона и, как правило, на трансэлювиальных фациях, где скорости водотока начинают превышать допустимые значения 0,15…0,3 м/с для подстилающей поверхности.

Противоэрозионные мелиоративные мероприятия, склоновый агроландшафт, форма склона, гидродинамическая характеристика водного потока, подстилающая поверхность, фация, временный водный поток.

Введение. Склоновый агроландшафт представляет собой природно-территориальный комплекс, расположенный на склоновых землях, естественная растительность которого на подавляющей его части заменена агроценозами. Поскольку он характеризуется экологической неустойчивостью вследствие, в первую очередь, антропогенного и других воздействий, то применяется ряд равновесных противоэрозионных агрономических и мелиоративных мероприятий. Обоснованность применения тех или иных мероприятий выявляется в ходе анализа состояния агроландшафтов с учетом крутизны, длины, формы и экспозиции склонов, размеров контуров, гидрологического режима и целого ряда других необходимых параметров [1–3].

Поэтому предлагается, используя гидродинамическую характеристику движения водного потока на склоне [4], выявлять наиболее эффективные по применению противоэрозионные мелиоративные мероприятия на склоновых агроландшафтах с учетом формы склона и размеров мелиорируемых участков.

Материал и методы. Рассматривая морфологическую структуру склонового агроландшафта, можно выявить череду фаций, представляющих собой первичные функциональные элементы ландшафта с квазипостоянными: рельефом и увлажнением, почвенной разностью и растительной ассоциацией [5]. Впрочем, эта однородность фации в заданных границах на агроландшафте, вероятнее всего, будет определяться теми же границами для некоторого агрофона с квазипостоянным значением уклона на территории агроценоза.

Горизонтальная связь рассматриваемых фаций будет предопределять распределение атмосферных или искусственных осадков на склоне и потенциально влиять на эрозионные процессы подстилающей поверхности. Для построения гидродинамической характеристики водного потока, движущегося по подстилающей поверхности склонового агроландшафта, представим уравнение движения временного водного потока [4]:

$$i = \frac{(1+\phi)}{2qg}\lambda_{гл}v^3 + \frac{1}{\psi}v^2 + \frac{v^3}{2\delta^2 qg} + \frac{\gamma}{2qg}v^3 + \frac{j}{g}, \quad (1)$$

где – уклон склона; φ – коэффициент гидравлической шероховатости [6]; $\lambda_{гл}$ – коэффициент сопротивления гладкой поверхности; v – скорость движения элементарного объема водного потока, м/с; $q = \frac{Q}{B}$ – единичный расход водного потока, м²/с; Q – расход водного потока, м³/с; B – ширина водного потока, м; g – ускорение свободного падения, м/с²; ψ – потенциал эрозионной стойкости [1, 7], Дж/кг; γ – коэффициент гидродинамического сопротивления волнистости поверхности или дискретного препятствия; j – ускорение водного потока, м/с².

Энергетическое представление процесса движения временного водного потока имеет ряд преимуществ по сравнению с другими моделями, например, вследствие возможности оценки гидродинамических характеристик самой фациии процесса взаимодействия подстилающей поверхности с водотоком.

Поскольку фактически уклон склона меняется по фациям в зависимости от ихудаленности от водораздела по профилю водосбора, то представим функцию склона в виде

$$i_i = f(l_i), \quad (2)$$

где i_i – фактический уклон на расстоянии l_i; l_i – i-е расстояние от водораздельной линии посклону.

Графики функций для выпуклого и вогнутого склона в зависимости от его длины изображены соответственно на рисунках 1 и 2 для условий Канашского района Чувашской республики. Данные для построения графика функции склона получены по топографическим картам, имеющим достаточный масштаб.

В результате анализа графических зависимостей функций склонов установлено, что для выпуклого склона величина уклона увеличивается с 0,011 до 0,082 по длине до 1 км с величиной достоверности аппроксимации 0,977 для квадратичной функции. Для выпуклого склона величина уклона уменьшается по его длине для квадратичной зависимости с 0,009 до 0,084 с величиной достоверности аппроксимации 0,996.

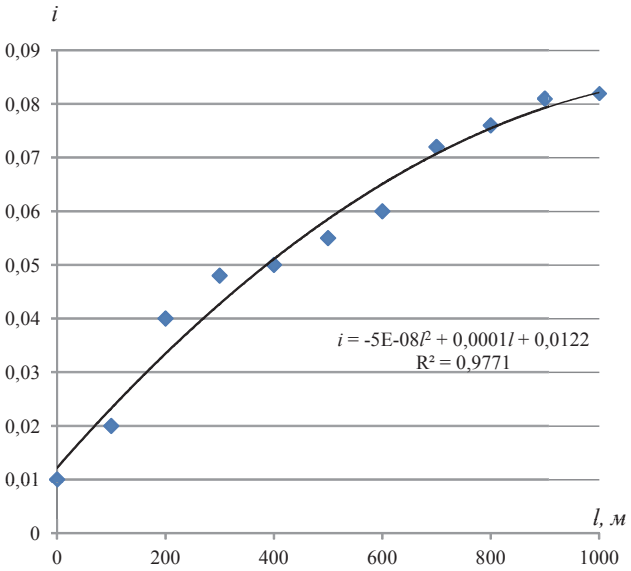

Рис. 1. **Графическая зависимость функции склона выпуклого профиля**

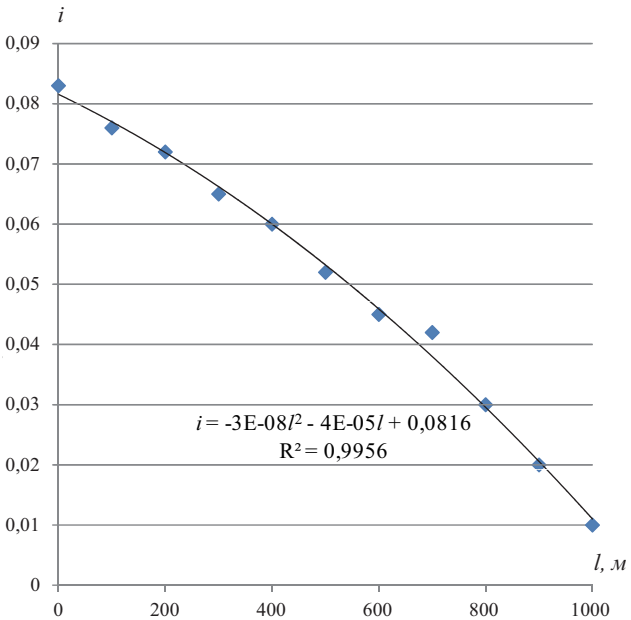

Рис. 2. **Графическая зависимость функции склона вогнутого профиля**

Далее строится совмещенный график с применением графических зависимостей функции склона и гидродинамической характеристики водного потока, движущегося по этому склону [4] в виде номограммы, для определения эпюры скоростей на исследуемом водосборе.

Номограммы для выпуклого и вогнутого склона водосбора, разбитого на ряд участков, соответственно представлены на рисунках 3, 4.

Вся длина водосбора разбивается на череду фаций согласно классификации и схеме типов их месторасположений [5]:

- элювиальные фации в виде выравненной водораздельной территории со слабым уклоном до 1…2 градусов – для выпуклого склона, участки l_1 и l_2 (рис. 3);

- трансэлювиальные фации в виде верхних, относительно крутых участков, по склону с уклоном не менее 2…3 градусов – для выпуклого склона участки l_4 и l_5 и вогнутого склона участки l_1 и l_2 (см. рисунки 3 и 4);

- трансаккумулятивные фации, в нижних частях склонов с выносом и аккумуляцией наносов – длявогнутого склона участки l_4 и l_5 (рис. 4).

В итоге для рассматриваемых участков склоновых агроландшафтов подобраны фации по типу их местоположения, с учетом размещения в профиле рельефа, разнообразия экспозиции, крутизны и формы склона.

Проводя исследования склоновых агроландшафтов наземными техническими средствами контроля, получают данные измерений по гидрофизическим параметрам для решения уравнения водного баланса и уравнения движения временного водного потока. Решение уравнения движения временного водного потока возможно графоаналитическим способом в виде гидродинамической характеристики водного потока, движущегося по этому склону. Данную характеристику подставляют в номограмму, таким образом решая систему уравнений (1) и (2). Результатом решения уравнений является эпюра скоростей водного потока по длине водосбора, формируемая в нижнем правом квадранте номограммы с учетом критических скоростей начала размыва почвы.

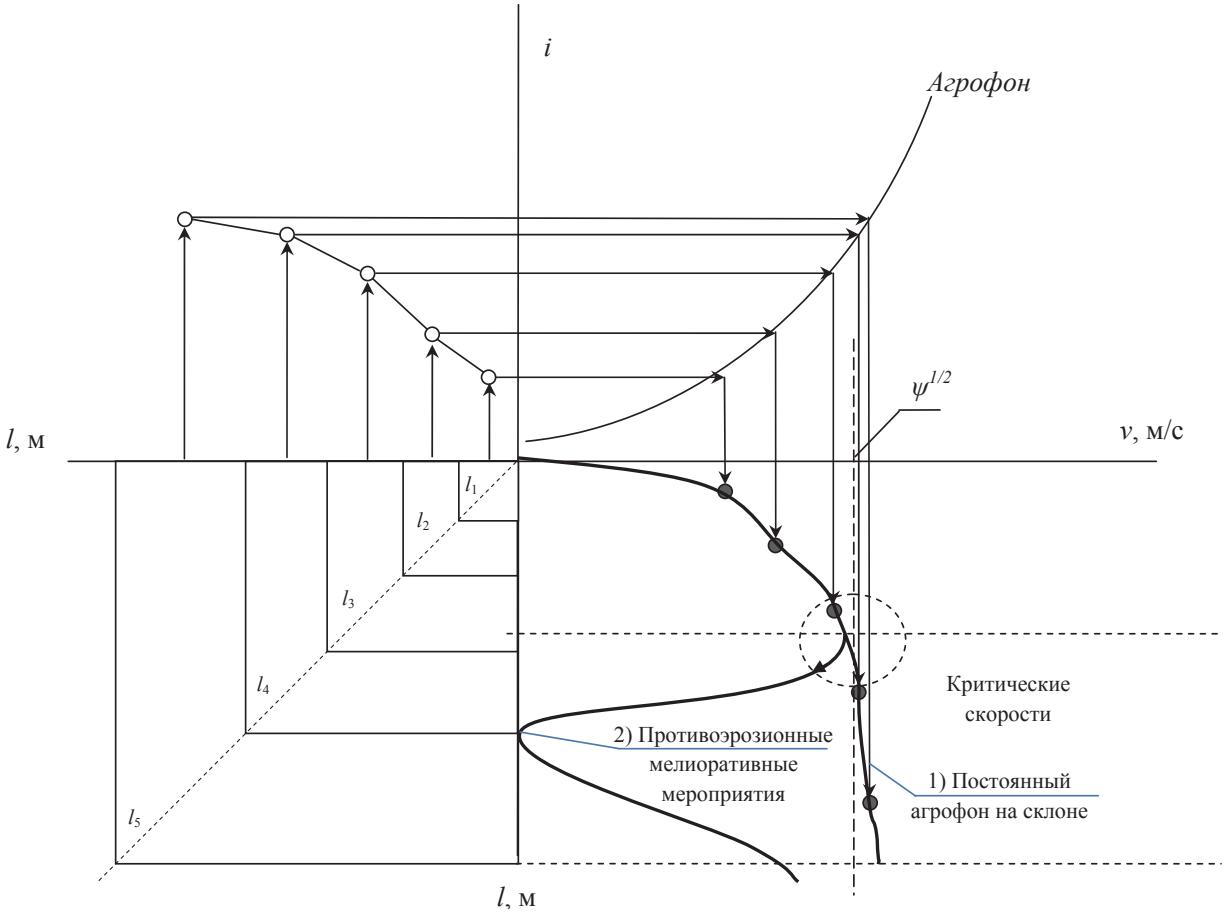

Рис. 3. **Номограмма для определения эпюры скоростей на выпуклом склоне водосбора**

Для выпуклого или вогнутого по форме водосбора, используя полученные номограммы, можно подобрать при проектировании или оценить во время применения мелиоративные противоэрозионные технологии, выполняемые на склоне в зависимости от агрофона и с учетом критических скоростей водотока, движущегося по подстилающей поверхности.

Результаты и обсуждение. Анализ графических зависимостей функций склона позволил установить, что для выпукло-

го склона величина уклона увеличивается с 0,011 до 0,082 по длине склона до 1 км с величиной достоверности аппроксимации 0,977 для квадратичной функции. Для выпуклого склона величина уклона уменьшается по квадратичной зависимости с 0,009 до 0,084 по длине склона до 1 км с величиной достоверности аппроксимации 0,996. Динамичность изменения уклона вдоль склона предопределяет возникновение эрозионного процесса на подстилающей поверхности, наглядно устанавливаемого на эпюре скоростей по водосбору.

В результате анализа полученных номограмм выявлено, что для выпуклого склона необходимость применения противоэрозионных мелиоративных мероприятий возникает по длине водосборной площади, а для вогнутого склона – на начальном участке склонового агроландшафта. Среди предлагаемых мелиоративных мероприятий по предотвращению эрозии почвы можно применять на склоновом агроландшафте [2, 3]:

- агротехнические мероприятия – глубокая вспашка для накопления влаги, безотвальная обработка почв, бороздование, регулирование поверхностного стока с учетом микрорельефа (обваловывание, щелевание) и др;

- гидротехнические – террасирование склонов, создание специальных технических устройств по отводу водных потоков (лотки, канавы, земляные запруды) и др.

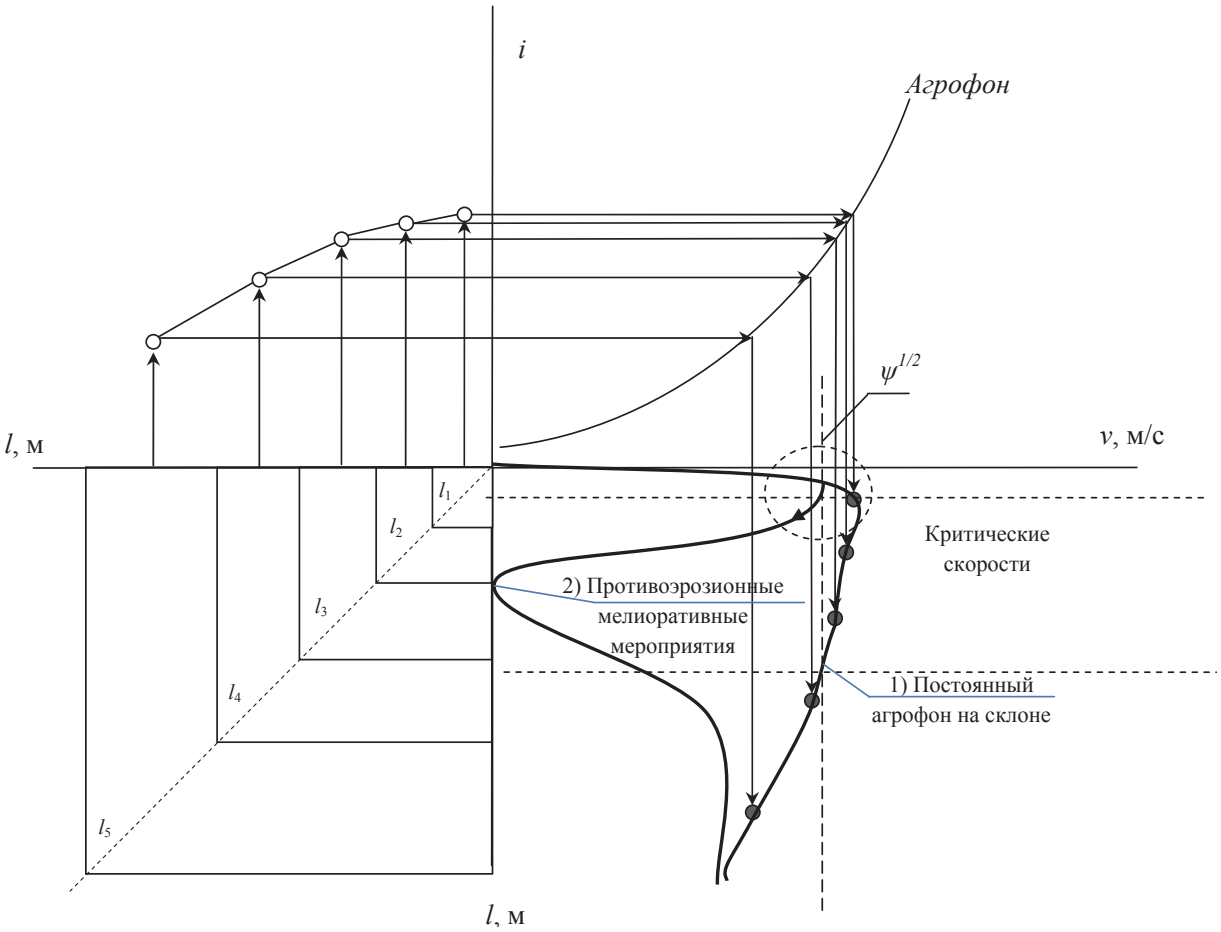

Рис. 4. **Номограмма для определения эпюры скоростей на вогнутом склоне водосбора**

Место проведения противоэрозионных мелиоративных мероприятий определяется по эпюре скоростей формируемой в нижнем правом квадранте номограммы с учетом критических скоростей водного потока [7] (рис. 3, 4). И, как правило, эрозия почвы возникает на трансэлювиальных фациях, где скорости водотока начинают превышать допустимые значения для подстилающих поверхностей: 0,15…0,3 м/с в зависимости от типа почвы и агрофона. Размывающую скорость и основные параметры подстилающей поверхности агрофона на конкретном водосборе определяют

с помощью приборного обеспечения, разработанного в лаборатории «Гидрофизики и эрозии почв» при ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА [6, 8, 9].

С помощью гидродинамической характеристики водного потокатакже можно решать другие принципиальные задачи: анализ возможности движения водного потока на тех или иных подстилающих поверхностях склоновых мелиорируемых земель, определение и анализ параметров потока при ускорении, торможении или при равномерном его движении и другие. Этот круг задач можно выполнить, если известны зависимости составляющих баланса уклонов с параметрами потока и подстилающей поверхностью склоновых мелиорируемых земель [4].

Выводы

Используя гидродинамическую характеристику водного потока, движущегося по подстилающей поверхности, можно подобрать противоэрозионные мелиоративные мероприятия на склоновых агроландшафтах, учитывая форму склона. В результате анализа полученных номограмм с учетом критических скоростей водного потока выявлено, что для выпуклого склона необходимость применения противоэрозионных мелиоративных мероприятий возникает по длине водосборной площади, а для вогнутого склона – на начальном участке склонового агроландшафта и, как правило, на трансэлювиальных фациях, где скорости водотока начинают превышать допустимые значения для подстилающей поверхности: 0,15…0,3 м/с в зависимости от типа почвы и агрофона. По номограмме для определения эпюры скоростей на конкретном склоне водосбора подобраны противоэрозионные мелиоративные мероприятия с целью снижения скоростного режима движения водного потока на проблемных участках, а следовательно, обоснована возможность предупредить эрозионные процессы и сохранить плодородие почвы на склоновых мелиорируемых землях.

Библиографический список

1. Васильев С.А., Максимов И.И., Максимов В.И. Гидравлическая шероховатость склоновых агроландшафтов. – Чебоксары: «Новое Время», 2014. – 210 с.

2. Заславский М.Н. Эрозиоведение. Основы противоэрозионного земледелия: – учеб. для геогр. и почв. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1987. – 376 с., ил.

3. Швебс Г.И. Теоретические основы эрозиоведения. – Киев; Одесса: Вища школа, 1981. – 219 с.

4. Васильев С.А. Энергетический подход для построения гидродинамической характеристики водного потока на склоновом агроландшафте / С.А. Васильев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 4 – С. 194–200.

5. Голованов А.И. Ландшафтоведение / А.И. Голованов, Е.С. Кожанов, Ю.И. Сухарев. – М.: КолосС, 2005. – 216 с., ил.

6. Васильев С.А. Безразмерный показатель для оценки гидравлических потерь на трение в руслах разной шероховатости / С.А. Васильев, И.И. Максимов, В.И. Максимов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – № 5. – С. 40–42.

7. Мирцхулава Ц.Е. Основы физики и механики эрозии русел. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 303 с.

8. Васильев С.А. Определение эквивалентной шероховатости стокоформирующей поверхности для оценки противоэрозионных мероприятий на склоновых землях / С.А. Васильев, И.И. Максимов, В.В. Алексеев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014.– № 4. – С. 32–34.

9. Васильев С.А. Результаты экспериментальных исследований гидрофизических и эрозионных свойств почв на территории СХПК «Труд» Батыревского района Чувашской республики / С.А. Васильев, И.И. Максимов, Е.П. Алексеев [и др.] // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И.Я. Яковлева. – 2013. – Вып. 4 (80). Ч. 2. – С. 39–45.

Материал поступил в редакцию 30.05.2016.

Сведения об авторе

Васильев Сергей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортно-технологических машин и комплексов», ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия»; 428003 г. Чебоксары, ул. К. Маркса, д. 29; e-mail: vsa_21@mail.ru; тел.: 89278432290

S.A. VASILJEV
Federal state budget educational institution of higher education «Chuvash state agricultural academy», Cheboksary

PECULIARITIES OF USAGE OF ANTI-EROSION RECLAMATION MEASURES ON SLOPING AGRICULTURAL LANDSCAPES DIFFERENT IN FORM

The article proposes using a hydrodynamic characteristic of the water flow moving on the underlying surface to choose anti-erosion reclamation measures on sloping cultivated lands taking into consideration a form of the slope. Considering the morphological structure of the sloping agricultural landscape there is found a series of facies with quasi-permanent characteristics. The horizontal link of the considered facies predetermines distribution of atmospheric or artificial precipitation on the slope and potentially affects erosion processes of the underlying surface. To build a hydrodynamic characteristic of the water flow there is used the data of measurements of basic parameters of the underlying surface defined by the instrumentation as well as the equation of motion for the temporary water flow. Since the actual slope inclination varies according to the facies depending on their remoteness from the watershed, profile of the watershed, there is proposed a function of the slope. Graphs of functions for a convex and concave slope depending on its length were obtained for the conditions of the Kanashsky region of the Chuvash Republic according to the topographic maps. As a result of the analysis of the functions graphic dependences of the slopes it is established that, for example, for the convex slope the value of the slope increases from 0.011… to 0.082 along the length of the slope up to 1 km with a value of reliability of approximation 0.977 for the quadratic function. The solution of the system of equations of motion for a temporary water flow and function of the slope of the graphic-analytical way is presented in the form of nomograms for two types of slopes: concave and convex. According to the obtained nomograms taking into account critical velocities of the water flow it is found that for the convex slope the necessity of application of anti-erosion ameliorative actions arises along the length of the catchment area, and for the concave slope – at the initial part of the slope and as a rule, on trance alluvial facies, where velocities of the water flow start to exceed the permissible values of 0.15 … 0.3 m / s for the underlying surface.

Erosion control, land reclamation activities, slope agricultural landscape, shape of slope, hydrodynamic characteristic of water flow, underlying surface, facies, temporary water flow.

Reference

1. Vasiljev S.A., Maximov I.I., Maximov V.I. Gydravlicheskaya sherohovatostj sklonovyh agrolandshaftov. – Cheboksary: «Novoye Vremya», 2014. – 210 s.

2. Zaskavsky M.N. Eroziovedenie. Osnovy protivoerozionnogo zemledeliya: – ucheb. Dlya geogr. O pochv spets. vuzov. – M.: Vyssh. Shk., 1987. – 376 s., il.

3. Shvebs G.I. Teoreticheskie osnovy eroziovedeniya. – Kiev; Odessa: Vissh. shkola, 1981. – 219 s.

4. Vasiljev S.A. Energetichesky podhod dlya postroeniya gydrodinamicheskoj haracteristiki vodnogo potoka na sklonovom agrolandshafte / S.A. Vasiljev // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo complexa: nauka I vysshee professionaljnoye obrazovanie. – 2015. – № 4 – S. 194–200.

5. Golovanov A.I. Landshaftovedenie / A.I. Golovanov, E.S. Kozhanov, Yu.I. Sukharev. – M.: KolosS, 2005. – 216 s., il.

6. Vasiljev S.A. Bezrazmerny pokazatelj dlya otsenki gydravlicheskih poterj na trenie v ruslah raznoj sherohovatosti / S.A. Vasiljev, I.I. Maximov, V.I. Maximov // Melioratsiya I vodnoye hozyajstvo. – 2011. – № 5. – S. 40–42.

7. Mirtshulava Ts.E. Osnovy fiziki i mehaniki erozii rusel. – L.: Gydrometeoizdat, 1988. – 303 s.

8. Vasiljev S.A. Opredelenie equivalentnoj sherohovatosti stokformiruyushchej poverhnosti dlya otsenki protivoerozionnyh meropriyatij na sklonovyh zemlyah / S.A. Vasiljev, I.I. Maximov, V.V. Alexeev // Melioratsiya I vodnoye hozyajstvo. – 2014. – № 4. – S. 32–34.

9. Vasiljev S.A. Resuljtaty experimentaljnyh issledovanij gydrofizicheskih i erozionnyh svoistv na territorii SHPK «Trud» Batyrevskogo rajona Chuvashskoj respubliki / S.A. Vasiljev, I.I. Maximov, V.V. Alexeev [I dr.] // Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta imeni I. Ya. Yakovleva. – 2013. – Vyp. 4 (80). Ch. 2. – S. 39–45.

The material was received at the editorial office 30.05.2016.

Information about the author
Vasiljev Sergey Anatolievich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Transport-technological machinery and complexes», FSBEI HE «ЧThe Chuvash state agricultural academy»; 428003 Cheboksary, ul.К. Marxa, d. 29; e-mail: vsa_21@mail.ru; tel.: 89278432290.

УДК 502/504:631.43:631.67

В.В. АЛЕКСЕЕВ
Чебоксарский кооперативный институт (филиал) АНОО ВО Центросоюза РФ
«Российский университет кооперации», г. Чебоксары, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОФИЛЕЙ УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВЫ С УПЛОТНЕННЫМ СЛОЕМ ПРИ ДОЖДЕВАНИИ И ПОВЕРХНОСТНОМ ПОЛИВЕ

Наличие уплотненного слоя в почве оказывает существенное влияние на скорость впитывания воды и образование поверхностного стока. Для обеспечения наилучших мелиоративных режимов при использовании современных приемов мелиорации актуально экспрессное получение профилей увлажнения почвы при наличии в ней уплотненного слоя. Использование в качестве индикатора уплотнения коэффициента фильтрации, а не плотности почвы позволяет изучать непосредственно сами профили и, имея большую информативность и точность, позволяет моделировать процессы влагопереноса в почвах. Созданы программные средства для численного определения интенсивности впитывания почвой влаги, расчета профилей увлажнения. Для определения впитывающей способности почв проведены опыты на серых лесных почвах Чувашской Республики, не обладающих высоким плодородием и требующих внешнего регулирования водного режима. Расхождение экспериментальных данных с результатами численного решения по какой-либо конкретной модели порового пространства достаточно низко (15–17%). Однако если рассматривать полученную ОГХ в разрезе педотрансферных функций и гибко подбирать параметры модели, расхождение снижается до 4–7%.

Орошение, дождевание, впитывание воды, моделирование, уплотненный слой.

Введение. Впитывание воды в почву является сложным процессом. На скорость впитывания воды в почву комплексное влияние оказывают такие факторы, как удельная поверхность, пористость почвы, ее начальная влажность, структурность и водопрочность агрегатов, корневая система и др.

Изучению вопросов инфильтрации посвящены работы многих отечественных и зарубежных ученых, и соответственно имеются различные точки зрения на определение скорости впитывания. Полученные в большинстве исследований зависимости и расчетные формулы, описывающие процессы инфильтрации, во многих случаях специализированы для определенных почв в конкретных условиях и далеко не всегда переносимы от почвы к почве.

Материалы и методы. На орошаемых землях достаточно часто имеет место появление уплотненного слоя почвы, который оказывает существенное влияние на впитывание воды. К появлению и накапливанию в почве уплотнения ведет воздействие ходовых систем машинно-тракторных агрегатов. Исследование динамики накопления деформаций в почве и их влияние на впитывающую способность затруднены тем, что показатели, характеризующие уплотнение, вычисляются через значения плотности почвы. В большинстве случаев изменение значений плотности сравнимо с ошибкой ее измерения или статистическим разбросом, вызванным пространственной вариабельностью в почвах. Повышение чувствительности оценки уплотненного состояния проводится использованием коэффициента фильтрации вместо плотности. Если dK – относительные изменение коэффициента фильтрации, а dr – относительное изменение плотности, то dK/dr показывает во сколько раз отличается чувствительность измерений. Таблица показывает, как изменяется dK/dr с увеличением плотности [1].

Таблица

Сравнительная оценка уплотненного состояния почв [1]

Почва	$\delta K/\delta r$		
	r = 1,3 г/см³	r = 1,5 г/см³	r = 1,7 г/см³
Светло-серая лесная	3,69	4,18	5,65
Темно-серая лесная	3,71	4,56	5,61

С увеличением плотности чувствительность оценки уплотнения почвы по значениям коэффициента фильтрации по сравнению с оценкой, основанной на измерениях плотности почвы, возрастает, что делает предлагаемый подход оправданным.

Использование трехмерной модели почвенного порового пространства [2] позволило получить обобщенную зависимость для потенциала почвенной влаги (1) и функции влагопроводности почв (2), описывающих способность почв удерживать и проводить почвенную влагу. Аргументами функций влагопроводности служат влажность, удельная поверхность и пористость почв, а также параметры, неявно задающие гранулометрический состав:

$$\text{ø} = \frac{\grave{U}_0\,\gamma}{\tilde{n}}\cdot\left(\frac{1}{w^3}-\frac{1}{\Pi_0^3}\right)+\frac{\grave{U}_0\acute{o}}{\tilde{n}}\cdot D\left(w,\Pi_0\right); \qquad (1)$$

$$K = \frac{\pi^2}{\Omega_0\eta S^2}\cdot\frac{\lambda\Pi_0^{\alpha}}{1-\Pi_0}\left[1-\left(1-\frac{w}{\Pi_0}\right)^2\right], \qquad (2)$$

где Ω_0 – удельная поверхность почвы, м²/г; η – вязкость воды, Па с; S – площадь сечения образца почвы, м², через которое протекает газ; s – коэффициент поверхностного натяжения поверхности контакта воды с воздухом, Дж/м²; Π_0 – пористость; w – объемная влажность; α, λ – постоянные зависящие о вида трехмерной модели; g – постоянная; D (w, P_0) – функция, определяемая числом, ориентацией и структурой пор.

Поскольку прочносвязанная вода не участвует в процессе влагопереноса, в формуле (1) записано значение влажности, уменьшенное на w^*, соответствующее максимальной адсорбционной влагоёмкости.

Совместное использование (1) и (2) в законе Дарси (3) позволяет рассчитывать профили увлажнения при дождевании и поверхностном поливе

$$\Delta V = K(w)\frac{\Delta p(w)+\rho g\Delta h}{\Delta h}S\Delta t\,, \qquad (3)$$

где ΔV – объем влаги, перетекающей из слоя в слой; K – коэффициент влагопроводности; Δp – разность капиллярных давлений почвенной влаги в соседних вертикально расположенных элементах почвы; S – площадь основания элемента почвы; t – время; Δh – высота элемента почвы.

Планирование и проведение лабораторных экспериментов позволяют при моделировании сделать следующие приближения: концентрация солей пренебрежимо мала, твердая фаза почвы не деформируется и не смывается, температуры воды в почве и поливной воды равны, всасывание воды корнями растений и испарение малы.

При дождевании в отличие от поверхностного полива в течение некоторого времени имеет место безнапорное впитывание. Задача определения профиля увлажнения при дождевании является одномерной, поэтому с помощью разработанной программы (рис. 1) рассчитывался послойный (80 слоев) перенос влаги с толщиной слоя Δh=5 мм. При вычислении разности потенциалов почвенной влаги в слоях добавлялся гравитационный потенциал $g\Delta h$. В случае поверхностного полива для верхнего слоя добавляется потенциал gH, связанный с напором, создаваемым слоем воды (H) на поверхности.

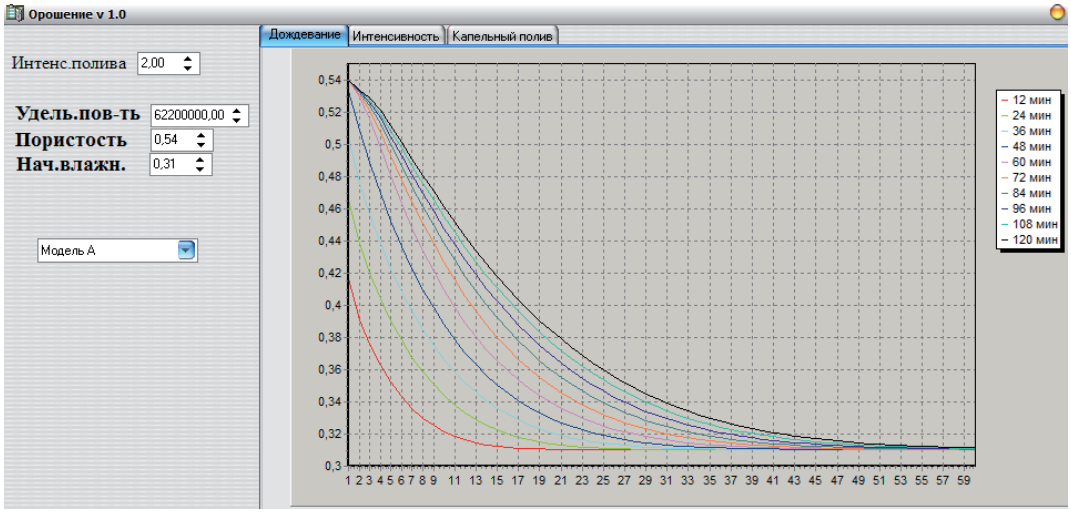

Рис. 1. **Работа программы по построению профилей увлажнения**

Если интенсивность начального впитывания воды почвой меньше q, в самом начале дождя может появиться сток. Сток появляется через некоторое время после начала дождя, после насыщения почвы влагой и снижения ее впитывающей способности.

Реализация программного средства расчета профиля увлажнения осуществлена заданием объема влаги, поступающей в верхний слой за единицу времени, массивов значений пористости, удельной поверхности, начальной влажности для каждого слоя, по которым вычислялись коэффициенты влагопроводности и давления почвенной влаги. По формуле Дарси рассчитывались объемы влаги, перетекавшей из слоя в слой за время, равное 1 мин. Произведено 120 циклов перерасчета, что по времени примерно соответствует прохождению по участку дождевальной машины.

Для моделирования и расчетов интенсивности впитывания был задан постоянный нулевой потенциал ψ в верхнем слое. Отличный от нуля потенциал в соседних точках приводит к появлению градиента потенциала и, как следствие, – к перемещению влаги в почве. Одновременно рассчитываются объемы влаги, проходящей через верхний слой за единицу времени.

Согласно формуле А.Н. Костякова интенсивность K впитывания воды почвой меняется со временем по мере выпадения дождя и насыщения почвы влагой:

$$K_t = K_0 t^{-\alpha}, \quad (4)$$

где K_t – интенсивность впитывания воды почвой через интервал времени t, прошедший от начала дождя, мм/мин.; K_0 – интенсивность в начале впитывания; α – коэффициент.

Уравнение вида (4) входит в набор стандартных функций современных электронных таблиц (степенная). Поэтому поиск коэффициентов модели K_0, и α не представляет трудностей при статистической обработке данных.

С.Ф. Аверьяновым формула (4) была усовершенствована путем добавления константы, равной коэффициенту фильтрации, поскольку через определенное время, после заполнения пор водой, начинается фильтрация воды через почву:

$$K_б = K \ + K_0 t^{-\alpha}, \quad (4)$$

где $K_t - K_0$ – начальная интенсивность впитывания, мм/мин.; a – эмпирический коэффициент. Однако такой тип модели, как (5), не является стандартным, и применение электронных таблиц затруднено. Одним из вариантов выхода из данной ситуации служит использование формулы (2), поскольку рассчитываемое по ней значение коэффициента фильтрации и использование в (4) приводят зависимость к статистически легко обрабатываемому степенному виду.

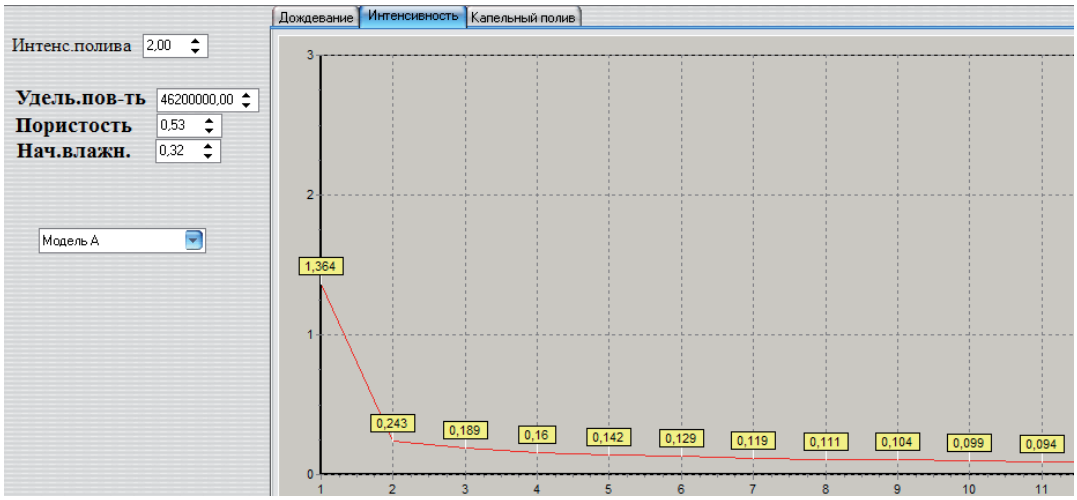

Рис. 2. **Работа программного средства по расчету интенсивности впитывания**

Использование разработанных программ позволяет определять $K_ф$, K_0, a и изучать их зависимость от пористости, удельной поверхности и влажности.

Результаты и обсуждение. Антропогенное уплотнение на землях, отведенных под зерновые, и ряд других сельскохозяйственных культур, в большинстве своем появляется при прохождении машинно-тракторных агрегатов. На рисунке 3 представлено распределение по глубине значений коэффициентов фильтрации и плотности до и после прохождения тракторов с различиями ходовых систем и весовых параметров (Агромаш 90 ТГ, К-701, Т-150, почва темно-серая лесная: удельная поверхность

Ω_0=62,2 м^2/г, плотность твердой фазы почвы r_{sf} =2,61 г/см^3, первоначальная средняя плотность r=1,03 г/см^3). Из рисунка следует, что по значениям коэффициента фильтрации можно точнее выявить параметры уплотненного слоя.

Использование коэффициента фильтрации позволяет выявить значимые изменения, произошедшие в почве и касающиеся впитывания воды. Влияние появления уплотненного слоя можно наблюдать даже после прохождения трактора Агромаш 90 ТГ, оказавшего в рассматриваемом случае наименьшее воздействие на почву. На рисунке 4 приведены профили увлажнения почвы при дождевании на участках, подвергшихся и не подвергшихся проходу техники.

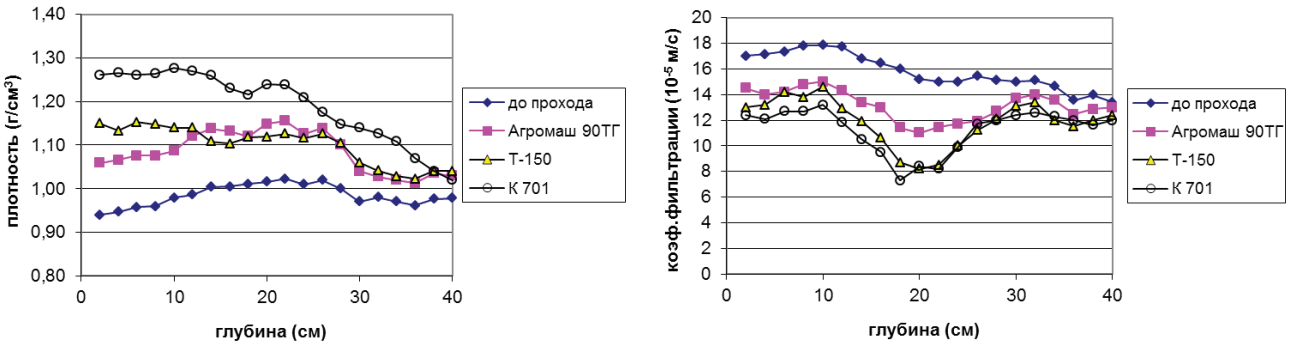

Рис. 3. **Значения коэффициентов фильтрации и плотности**

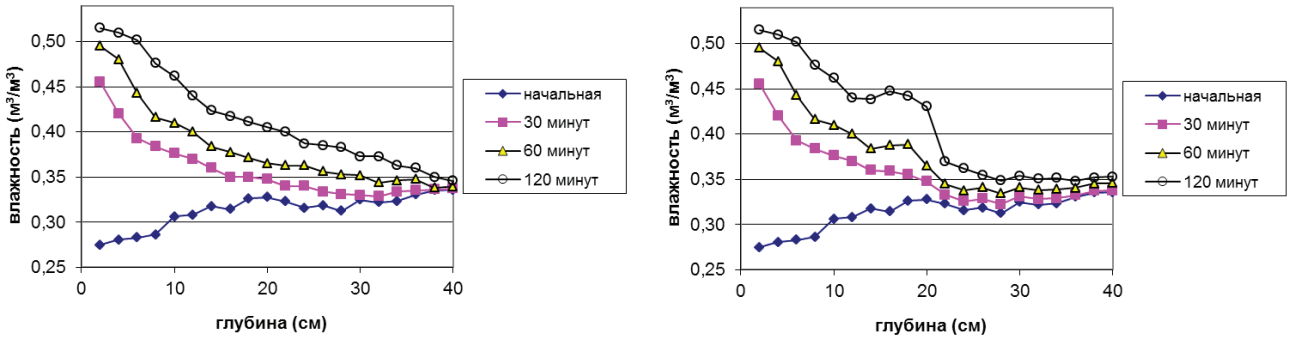

Рис. 4. **Влияние уплотненного слоя на параметры впитывания воды**

Выводы

Использование формул для основной гидрофизической характеристики и функции влагопроводности позволило связать впитывающую способность почвы с наличием в ней уплотненного слоя. Обоснование дождевальной техники имеет лимитирующий фактор в виде допустимой интенсивности дождя. Выбор путей решения в виде снижения интенсивности дождя, величины поливной нормы и т.п. должен основываться на учете конкретных условий, в которых находится почва. Предложенный метод позволяет исследовать закономерности формирования контуров увлажнения для почв, имеющих уплотненные слои. Разработано и составлено программное средство, позволяющее проводить расчеты для почв с разными начальными влажностями, удельными поверхностями и пористостями. Приведен пример изучения уплотняющего воздействия тракторов Агромаш 90 ТГ, К-701, Т-150 на интенсивность впитывания воды при дождевании.

Библиографический список

1. Алексеев В.В. Использование последовательных измерений коэффициента фильтрации для оценки уплотненного состояния почв / В.В. Алексеев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 4 (102). – С. 88–92.

2. Алексеев В.В. Аэродинамический метод получения основной гидрофизической характеристики почв / В.В. Алексеев, И.И. Максимов // Почвоведение. – 2013. – № 7. – С. 822–828.

Материал поступил в редакцию 17.06.2016.

Сведения об авторе

Алексеев Виктор Васильевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Информационные технологии и математика»; Чебоксарский кооперативный институт (филиала) АНОО ВО Центросоюза РФ «Российский университет кооперации»; 428025, Чувашская республика, г. Чебоксары, пр. М. Горького, д. 24; тел.: 7927864-92-14; e-mail: Av77@list.ru

V.V. ALEXEEV
The Cheboksarsky cooperative institute (branch) VO Centrosojuz RF «Russian university of cooperation», Cheboksary

INVESTIGATION OF PROFILES OF SOILS MOISTENING WITH A COMPACTED LAYER UNDER OVERHEAD AND SURFACE IRRIGATION

The availability of the compacted layer in the soil has a significant impact on the rate of water absorption and formation of surface runoff. For providing best ameliorative regimes when using modern melioration techniques an expressive obtaining of soil moisture profiles is actual in the compacted layer availability. Using a coefficient of filtration but not soil density as an indicator of compaction allows us to study directly the profiles and having great information content and accuracy allows simulating processes of moisture transfer in soils. Ssoftware is created for a numerical determination of the intensity of absorption of soil moisture, calculation of moisture profiles. For measuring the absorbent capacity of soils experiments were conducted on gray forest soils of the Chuvash Republic which do not possess a high fertility and require an external regulation of the water regime. The discrepancy between the experimental data and results of the numerical solution on any particular model of the pore space is low enough (15–17%). However, when the obtained WRC is considered in the section of pedotransfer functions and if to flexibly select parameters of the model the discrepancy is reduced to 4–7%.

Irrigation, overhead irrigation, water absorption, simulation, compacted layer.

Reference

1. Alexeev V.V. Ispoljzovanie posledovateljnyh izmerenij coeffitsienta filjtratsii dlya otsenki uplotnennogo sostoyaniya pochv / V.V. Alexeev // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – № 4 (102). – S. 88–92.

2. Alexeev V.V. Aerodinamicheskij metod polucheniya osnovnoj gydrofizicheskoj haracteristiki pochv / V.V. Alexeev, I.I. Maximov // Pochvovedenie. – 2013. – № 7. – S. 822–828.

The material was received at the editorial office 17.06.2016.

Information about the author

Alexeev Victor Vasiljevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Information technologies and mathematics»; Cheboksarsky cooperative institute (branch) ANOO VO Centrosoyuz RF «Russian university of cooperation»; 428025, Chuvash republic, Cheboksary, pr.M. Gorjkogo, d. 24; tel.: 7927864–92–14; e-mail: Av77@list.ru.

УДК 502/504:629.113–592.6

Г.С. ЕРИЦЯН
Национальный политехнический университет Армении, г. Ереван

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

ГРАФИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ АВТОТРАКТОРНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Объектом изучения является вспомогательная тормозная система (ВТС), ее характеристики, типы и правила их использования, а также графическое определение потребной эффективности данного механизма. Основной ценностью исследования

служит то, что разработана номограмма для определения показателей тормозной динамики вспомогательных тормозных систем автотранспортного подвижного состава. В материале указаны требования при выборе ВТС, а также отмечены факторы, влияющие на их эффективность, и необходимые условия для качественного функционирования и безопасного движения. Наглядно показаны параметры, соответствующие нормам и установленным стандартам, при выборе которых ВТС будет работать надежно. В результате приведено основное условие, при котором достигается желаемый результат и ВТС может обеспечить надежность транспортного средства. При выборе ВТС учитываются как конкретные требования качественного характера, так и критерии количественного характера. Разработанная номограмма позволяет грамотно и максимально точно определить показатели тормозной динамики ВТС, тем самым помогает сделать правильный выбор типа этого механизма.

Тормозная сила, тормозной момент, тормозная мощность, радиус качения шины, общий вес.

Введение. Движение при максимально возможных скоростях, допустимых правилами дорожного движения и техническими данными автотранспортных средств, невозможно без надежного тормозного управления, способного обеспечить высокую эффективность торможения автомобиля без недопустимых отклонений параметров движения от заданных. Это означает, что от тормозных качеств транспортного средства зависит не только безопасность движения, но и степень реализации номинальных скоростных возможностей автомобилей.

Надежную и эффективную работу основных и тормозных систем, особенно в условиях городского интенсивного движения, можно обеспечить вспомогательной тормозной системы (ВТС) или так называемым тормозом замедлителем.

Важной теоретической практической задачей является выбор наиболее эффективной ВТС. Исследование по оценке эффективности моторных, электрических, аэродинамических и гидравлических типов ВТС показало, что наиболее эффективными по развиваемой тормозной мощности являются гидродинамические ТЗ, а среди фрикционных типов – ВТС, имеющие конусообразную пару трения.

Вспомогательные тормозные системы (ВТС) автомобилей и колесных тракторных поездов предназначены для обеспечения постоянной скорости транспортного средства (ТС) при движении на спуске.

ВТС автотранспортных средств должны обеспечивать 30±5 км/ч – постоянную скорость на спуске с уклоном i = 7% и протяженностью 6 км [1]. ВТС тракторных поездов не имеют подобного требования.

При выборе того или иного типа ВТС для данного ТС чаще в первый план выдвигается вопрос о соответствии конструкции ВТС к предъявляемым им требованиям. При этом указанные требования учитывают независимость надежности от эксплуатационных условий, материалоемкость (собственная масса) ВТС и габаритные размеры, технологичность изготовления и установки на ТС, что подразумевает малые расходы изготовления и установки и т.д. Однако выбор ВТС изложенным методом не дает желаемый результат, так как, возможно, ВТС не обеспечит требуемую тормозную силу, момент или мощность, предусмотренные стандартом. С другой стороны, нецелесообразно осуществить выбор ВТС, приняв за основу требование обеспечения безопасности движения, хотя обеспечение этого требования является обязательным условием. Так, известно, что для ТС, имеющей одинаковую общую массу, максимальный тормозной момент развивает гидродинамический ВТС. Но если ТС не имеет гидромеханическую передачу, то усложняется установка ВТС на данный подвижной состав. Более правильно было бы установление на него, например, электродинамическую ВТС, которая также обеспечивает необходимый тормозной момент, т.е. выполняет требования безопасности движения. Следовательно, при выборе ВТС необходимо учитывать как конкретные требования качественного характера, так и критерии количественного характера [2].

На наш взгляд, важный практический интерес представляет номограмма, связывающая общий вес подвижного состава (G) с тормозной силой, моментом и мощностью ВТС. Такая номограмма даст возможность графически определить показатели тормозной динамики ВТС, т.е. сделать выбор типа ВТС.

Методы исследования. При включенной ВТС подвижной состав двигается на спу-

ске с постоянной скоростью. Если высоты (над уровнем моря) начальной и конечной точек спуска составляют соответственно H_1 и H_2, а длина спуска – l, то работа тормозящих сил будет равна изменению потенциальной энергии ТС (разница потенциальных энергий в точках A и B). Пренебрегая силой сопротивления воздушной среды можно написать:

$$A = G(H_1 - H_2) = \Delta HG = l(P_{BTC} + Gf\cos\alpha - G\sin\alpha) \quad (1)$$

или $\frac{\Delta H}{l} = f\cos\alpha - \sin\alpha + P_{BTC}/G,$

откуда $P_{BTC} = G(2\sin\alpha - f\cos\alpha),$

или $$P_{BTC} = G(2i - f). \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) G – общий вес TC, H, P_{BTC} – тормозная сила ВТС, f– коэффициент сопротивления качению шин, α – угол наклона спуска, град, i – угол наклона спуска –%, ΔH – перепад высот начальной и конечной точек спуска.

Принимая $i = 7\% = 0{,}07$, $f = 0{,}01 \ldots 0{,}04$ и учитывая, что тормозная сила действует в контакте шин с дорожным полотном, для тормозного момента и тормозной мощности соответственно получим:

$$M_{BTC} = P_{BTC} \cdot r_k; \quad (3)$$

$$N_{BTC} = P_{BTC} \cdot V, \quad (4)$$

где r_k – радиус качения шин, V – скорость ТС.

Согласно требованию [1] автомобиль на спуске ($i = 0{,}07$) должен двигаться с постоянной скоростью равной примерно 8 м/с. Тогда из уравнений (2) и (4) получим:

при $f = 0{,}01$, $N_{BTC} = P_{BTC} \cdot V = 1{,}04G,$

$f = 0{,}02$, $N_{BTC} = 1{,}96G,$

$f = 0{,}03$, $N_{BTC} = 0{,}88G,$

$f = 0{,}04$, $N_{BTC} = 0{,}8G.$

Таким образом, зная коэффициент f, радиус качения r_k и вес автомобиля G, можно определить необходимую тормозную силу (момент и мощность), обеспечивающую постоянную скорость 8 м/с на спуске $\alpha = 4^o$. Представленная на рисунке 1 номограмма построена по вышеизложенным соображениям.

Номограммой пользуются следующим образом. Допустим, что автомобиль весом $C = 60kH$ двигается по спуску с уклоном $i = 0{,}07$. Скорость движения составляет $V = 28{,}8$ км/ч $= 8$ м/с. Необходимо определить тормозную силу, момент и мощность выбираемой ВТС для данного автомобиля.

На оси G найдем точку соответствующей $G = 60kH$. В этой точке построим перпендикуляр. Определим точку пересечения этого перпендикуляра с лучом $f = 0{,}02$ (принимаем, что коэффициент сопротивлению качения равен 0,02), т.е. найдем точку А. Из этой точки построим перпендикуляры на оси P_{BTC} и N_{BTC}. Перпендикуляры пересекаются в точках В и С. При этом точка В указывает тормозную силу (7,2 kH), а точка С тормозную мощность (57,6 $кВт$). Для определения тормозного момента найдем точку Д, где пересекаются перпендикуляр оси P_{BTC} и луч $r_k = 0{,}45$ м (принимаем, что для шины данного ТС $r_k = 0{,}45$ м). С точки Д построим перпендикуляр к оси M_{BTC} и найдем необходимый тормозной момент (3,24 кНм).

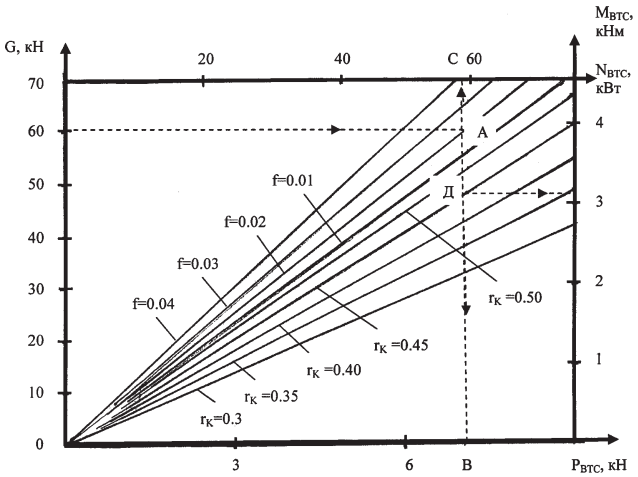

Рис. **Номограмма для определения показателей тормозной динамики ВТС автотранспортного подвижного состава**

Такую номограмму можно построить и для колесного тракторного поезда. Но учитывая, что эти поезда работают в более сложных условиях (склоны, бездорожье) и имеют значительную меньшую скорость, можно принимать следующие исходные данные: уклон спуска – $i = 0{,}12$, длина спуска 4 км, а постоянная скорость 4…5 м/с (14…18 км/час).

Выводы

Предлагаемая номограмма для определения показателей тормозной динамики ВТС устанавливает связь указанных показателей с параметрами ТС и дорожными условиями.

ВТС колесного тракторного поезда должна обеспечивать постоянную скорость 4…5 м/с на спуске крутизной 12% и длиной 4 км.

Библиографический список

1. ГОСТ Р51709–2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки. – М.: Изд-во стандартов. – 27 с.

2. Ерицян Г.С. Методика выбора тормоза-замедлителя автотракторного подвижного состава // Сибирский Вестник сельскохозяйственной науки. – 2014. – № 1. – С. 108–114.

Материал поступил в редакцию 23.05.2016.

Сведения об авторах

Ерицян Гагик Суренович, доктор технических наук, профессор; Национальный политехнический университет Армении; 009, Республика Армения, г. Ереван, ул. Терьяна, д. 105; e-mail: karapetyan.martik@yandex.ru

Евграфов Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация технологических машин и оборудования природообустройства»; ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550. г. Москва, Большая Академическая ул., д. 44; тел.8-499-976-20-73.

G.S. YERITSYAN
National Engineering University of Armenia (Polytechnic), Yerevan

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

GRAPHICAL DETERMINATION OF REQUIRED EFFICIENCY OF AUXILIARY BRAKING SYSTEMS OF MOTOR-TRACTOR TRANSPORT MEANS

The object of this article is an auxiliary brake system (ABS), its characteristics, types and rules of their use as well as a graphical determination of the required efficiency of this mechanism. The main value of the work is the fact that the nomogram for determination of the braking dynamic indicators of auxiliary braking systems of motor-transport vehicles is developed. There are shown the requirements when choosing ABS and the factors influencing their effectiveness and the necessary conditions for a qualitative functioning and safe movement. There are demonstrated parameters corresponding to the norms and established standards, the choice of which BAC will provide a reliable operation. As a result, the main condition is given that produces the desired result and ABS can ensure the reliability of the transport vehicle. When selecting ABS both concrete requirements of a qualitative character and criteria of a quantitative character are taken into consideration. The developed nomogram allows to properly and accurately as much as possible to determine parameters of the ABS braking dynamics, thereby it helps to make the right choice of the type of this mechanism.

Braking force, braking torque, brake power, radius of tire rolling, total weight.

Reference

1. GOST R51709–2001. Avtotransportnye sredstva. Trebovaniya bezopasnosti k tehnicheskomu sostoyaniyu i metody proverki. – M.: Izd-vo standartov. – 27 s.

2. Eritsyan G.S. Metodika vybora tormoza-zamedlitelya avtotraktornogo podvizhnogo sostava // Sibirsky Vestnik seljskohozyajstvennoj nauki. – 2014. – № 1. – S. 108–114.

The material was received at the editorial office 23.05.2016.

Information about the authors

Yeritsyan Gagik Surenovich, doctor of technical science, professor; National Engineering University of Armenia (Polytechnic) 009, Republic of Armenia, Yerevan, ul. Teryana, d.105; e-mail: karapetyan.martik@yandex.ru

Evgrafov Vladimir Alexeevich, doctor of technical science, professor, head of the chair «Technical operation of technological machinery and equipment of environmental engineering»; FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550. Moscow, Boljshaya Academicheskaya ul., d. 44; tel. 8-499-976-20-73.

УДК 502/504:630.23:343.83

Т.Г. ЦУКАНОВА, Е.В. ПОНОМАРЕВА, О.М. СУББОТИНА
Федеральное казенное образовательное учреждение высшего образования
«Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний» (ФСИН России), г. Рязань, Россия

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧРЕЖДЕНИЙ И ОРГАНОВ УГОЛОВНО-ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С РЕГИОНАЛЬНЫМИ ОРГАНАМИ ВЛАСТИ В ПРОЦЕССЕ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ

В статье рассматривается опыт взаимодействия пенитенциарных учреждений с региональными органами власти в процессе лесовосстановления на территории Рязанской области: в частности при организации лесных питомников на базе исправительных учреждений и участии учреждений УИС в расчистке горельников. Реализация данных направлений позволит увеличить занятость осужденных на оплачиваемых работах, привлечь дополнительные финансовые ресурсы, повысить социальную значимость уголовно-исполнительной системы, а также будет способствовать улучшению экологической обстановки в Центральном федеральном округе.

Лесовосстановление, лесной питомник, государственный заказ (госзаказ), государственный контракт (госконтракт).

Введение. Значение и роль уголовно-исполнительной системы в общественном сознании имеют в значительной степени искаженное и упрощенное представление. В лучшем случае ей отводится роль карательного инструмента государственной власти. Такое представление имеет определенную объективную основу, которая многократно усилена в общественном сознании практикой организации уголовно-исполнительной системы в период административно-командного управления в СССР. Между тем уголовно-исполнительная система представляет собой один из важных механизмов обеспечения национальной безопасности и, в частности, ее экономической и социальной составляющих.

На первый взгляд, роль УИС в этом плане, сводится лишь к изоляции преступных элементов от общества и тем самым к созданию относительно благоприятных условий для обеспечения безопасности личности, общества и государства. Не отрицая этот аспект, считаем, что главное назначение УИС состоит в социальной реабилитации граждан, преступивших закон и моральные ценности общества. В этом смысле УИС можно считать социально-лечебным учреждением, призванным скорректировать духовно-моральные пороки, прививать общечеловеческие ценности, подготавливать людей к возвращению в гражданское общество, которое за время отбывания ими наказания довольно серьезно изменяется. Именно эти моменты выступают основной составляющей общественного блага, производимого УИС.

Материалы и методы. Сегодня, имея определенный трудовой потенциал, производственные подразделения учреждений УИС могут привлекаться в качестве полноправных участников социально-экономической системы региона, в том числе при решении его экологических проблем. Одной из таких проблем является проблема лесовосстановления, которая возникла в результате чрезмерных рубок в Карелии, Архангельской, Вологодской, Костромской, Кировской, Нижегородской, Свердловской и многих других областях в Европейско-Уральской зоне, а также в ряде районов Сибири и Дальнего Востока. Последствия лесных пожаров соизмеримы с рубками леса, а в отдельные годы даже превосходят их.

В 2010 г. Россия впервые в новейшей истории подверглась крупнейшему по своим масштабам воздействию огненной стихии на лесные экосистемы, затронувшему большинство регионов страны. Всего на территории РФ было зарегистрировано 32,3 тыс. лесных пожаров, которыми пройдено 2,3 млн га (на долю Центрального федерального округа приходится 21% всех пожаров). Наиболее сильно в Центральном федеральном округе пострадали леса Ивановской, Рязанской и Владимирской областей (общая площадь горельников в Рязанской области составила более 90 тыс. га). Огнем также пройдены Воронежская, Ярославская, Калужская, Костромская, Смоленская и Тверская области.

Лесовосстановительные работы на месте вырубок и гари могут проводиться двумя разными способами: искусственным (т.е. созданием лесных культур – посадкой леса), и содействием естественному возобнов-лению: создание условий, обеспечивающих быстрое заселение вырубленных площадей ценными древесными породами.

Что касается искусственного лесовосстановления в России, то в течение двух последних десятилетий оно проводится (если верить данным официальной статистики) на площади примерно в 40% от общей площади сплошных рубок. Большая часть искусственно восстанавливаемых лесов восстанавливается путем посадки 2…4-летних саженцев. В подавляющем большинстве случаев посадка саженцев происходит лишь условно: засаживаются лишь небольшие участки, непосредственно примыкающие к лесовозным дорогам (т.е. те участки, где факт наличия лесных культур легко проверить). Большая же часть вырубок (обычно 90…95%) не засаживается вовсе.

Следует отметить, что проведение искусственного лесовосстановления отнюдь не гарантирует появления в будущем нового леса из тех деревьев, которые были высажены. Результат искусственного лесовосстановления зависит от качества посадки, и еще в большей степени – от последующего ухода, при отсутствии которого в большинстве случаев саженцы просто погибают от затенения лиственными породами. Уход за искусственно восстановленными лесными культурами из-за нехватки кадров и общего хаоса в лесном хозяйстве в подавляющем случае или не проводится, или проводится с такой низкой интенсивностью, что оказывается неэффективным. Очевидно, что существенные сдвиги в сторону организации устойчивого лесопользования в России требуют радикального улучшения ситуации с восстановлением и выращиванием ценных с хозяйственной точки зрения лесов.

Результаты и обсуждение. На наш взгляд, уголовно-исполнительная система располагает необходимым производственным и трудовым потенциалом для организации лесовосстановительных работ на территории ЦФО и других федеральных округов. Такие работы не требуют особой квалификации и могут выполняться любым трудоспособным человеком. Осужденных можно привлечь к расчистке горельников, выращиванию и посадке саженцев хвойных пород, а также к последующему уходу за ними. В лесовосстановительных работах может участвовать спецконтингент колоний-поселений. Создание исправительных центров позволит также реализовать возможность организации трудовой занятости осужденных с применением альтернативных лишению свободы форм наказаний: общественных и принудительных работ. Решение данных задач возможно при правильной организации взаимодействия учреждений и органов уголовно-исполнительной системы с региональными органами власти.

Организация лесовосстановительных работ на территории Центрального федерального округа может быть реализована на основе взаимодействия территориальных органов УИС с региональными министерствами лесного хозяйства с целью последующего заключения госконтракта на выполнение работ по подготовке лесного участка для лесовосстановления (расчистку горельника). Организация расчистки горельников в кратчайшие сроки необходима не только из соображения быстрой потери товарной ценности древесины, что немаловажно с экономической точки зрения, но и с точки зрения пагубных экологических последствий. Существует высокая вероятность повторного возгорания высохшей древесины, особенно в вывалах на торфянистой почве. Кроме того, с течением времени погибший лес гниет на корню, что в свою очередь создает угрозу заражения для здоровых деревьев и кустарников

После заключения госконтракта работы по расчистке горельника должны выполняться в соответствии с техническим заданием и информационной картой. Министерство лесного хозяйства соответствующего регио-

на обязано осуществлять контроль за расходованием финансовых средств по контракту, проводить приемку выполненных работ на определенных стадиях в натуральном и денежном выражении, а также оценивать и регулировать их качество. При получении госконтракта на расчистку горельника исправительными учреждениями осужденные могут быть задействованы на лесосечных, погрузочно-разгрузочных и сортировочных работах. При отсутствии соответствующей техники в учреждениях УИС можно привлечь спецтехнику подрядных организаций для транспортировки древесины. Следует отметить, что вывозимая после расчистки горельников древесина может быть использована для нужд уголовно-исполнительной системы по различным направлениям.

Эффективная организация лесовосстановительных работ на практике предполагает создание выездных лесовосстановительных бригад с ежедневной доставкой осужденных до места работы вахтовым автомобилем и организацией подвоза горячего питания. Целесообразность применения данной формы организации трудовой занятости осужденных объясняется удаленностью разрабатываемых участков от исправительных учреждений и рассредоточением их по всей территории региона. Необходимо также учитывать наличие дорожно-транспортной сети круглогодичного действия.

Отметим, что коммерческим учреждениям, обладающим свободными денежными средствами, достаются, как правило, участки, расположенные в непосредственной близости от асфальтовых дорог. В этой связи в регионах остаются большие площади невостребованных нерасчищенных горельников, на услуги по расчистке которых длительное время отсутствует спрос. Последнее обстоятельство позволяет считать такие участки потенциальным фронтом работ и занятости для осужденных.

В составе лесовосстановительных работ особое значение имеет питомническое хозяйство. Лесной питомник представляет собой самостоятельное производство, предназначенное для ежегодного выращивания лесного посадочного материала. Такие питомники можно закладывать на территории учреждений уголовно-исполнительной системы либо в непосредственной близости от них. Выращенные саженцы могут быть использованы учреждениями УИС при проведении лесовосстановительных работ или реализованы арендаторам лесных угодий, что позволит получить дополнительные финансовые ресурсы.

Работы по созданию питомника необходимо начать с определения его оптимальной площади на основе сведений о количестве осужденных, которых можно задействовать на данных работах, учитывая потребность в посадочном материале со стороны региона. При выборе участка под лесной питомник следует принять во внимание общую расчетную площадь питомника; соответствие лесорастительных условий участка (почвенных, гидрологических, рельефа, экспозиции) биологии выращиваемой породы; наличие подъездных путей; источники водоснабжения или возможность создания искусственных источников орошения; соответствие конфигурации участка эффективному использованию техники; природоохранные и санитарно-гигиенические требования; наличие окружающей растительности; наличие вредителей и болезней деревьев и кустарников; возможность подключения питомника к инженерным коммуникациям.

При организации лесного питомника силами спецконтингента осуществляется достаточно большой объем трудоемких работ, к которым относятся подготовка почвы и семян к посеву, внесение удобрений, посадка и уход за посевами, рыхление почвы и уничтожение сорняков, полив и подкормка саженцев, оценка качества посадочного материала и его подготовка к реализации.

Принимая во внимание сезонный характер работ в питомнике, приходящихся на весенне-осенние месяцы, в остальные периоды года осужденных рекомендуется переводить на другие виды работ с сохранением установленного заработка, что будет способствовать более эффективному использованию трудовых ресурсов.

При начислении заработной платы осужденным, занятым на работах в питомнике, следует учитывать разряд осуществляемых работ, соответствующие тарифные ставки, минимальный размер оплаты труда на текущий момент и трудоемкость выполняемых операций.

Выводы

Участие пенитенциарных учреждений в лесовосстановительных работах позволит увеличить занятость осужденных на оплачиваемых работах, привлечь дополнительные финансовые ресурсы, повысить обще-

ственный имидж уголовно-исполнительной системы в связи с ускорением темпов восстановления лесных ресурсов и улучшить экологическую обстановку в Центральном федеральном округе.

Считаем, что государство должно уделять большее внимание вопросам функционирования объектов производственного сектора уголовно-исполнительной системы, обеспечивая участие учреждений в реализации государственных заказов и контрактов на лесовосстановительные работы.

Библиографический список

1. Концепция развития уголовно-исполнительной системы Российской Федерации до 2020 года. Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 14 октября 2010 г. № 1772-р.

2. Лесной кодекс Российской Федерации: текст с изм. и доп. на 2013 год. – М.: ЭКСМО, 2013. – 58 с.

3. Лесоэксплуатация: Учебник для студ. высш. учеб. зав. / В.И. Патякин, Э.О. Салминен, Ю.А. Бит. – М.: ИЦ «Академия», 2006. – 317 с.

4. Технология и оборудование лесопромышленных производств: Справочные материалы: Учеб. пособие / Ю.Н. Чемоданов, Е.М. Царев. – 2-е изд. – Йошкар-Ола: Изд-во МарГТУ, 2002. – 252 с.

5. Типовые нормы выработки, нормы времени на работы, выполняемые в лесных питомниках. Федеральная служба лесного хозяйства России. – М, 1995. – 113 с.

6. Типовые нормы выработки и нормативы времени на ручные сельскохозяйственные работы (Утв. Минсельхозом РФ) // СПС «Консультант-Плюс». – Режим доступа: http://www.consultant.ru. – (Дата обращения 18.05.2016 г.).

Материал поступил в редакцию 19.05.2016.

Сведения об авторах

Пономарева Екатерина Владимировна, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Экономическая теория, география и экология», Академия ФСИН России, 390000, г. Рязань, ул. Сенная, д. 1; e-mail: scanderbeg@mail.ru.

Цуканова Татьяна Георгиевна, кандидат географических наук, доцент, начальник кафедры «Экономическая теория, география и экология», Академия ФСИН России, 390000, г. Рязань, ул. Сенная, д. 1; e-mail: kaf-etge@yandex.ru.

Субботина Оксана Михайловна, кандидат юридических наук, доцент кафедры «Управление и организация деятельности УИС», Академия ФСИН России, 390000, г. Рязань, ул. Сенная, д. 1; e-mail: kaf-etge@yandex.ru.

T.G. TSUKANOVA, E.V. PONOMAREVA, O.M. SUBBOTINA

Federal state-owned educational enterprise of higher education «Academy of law and management of the Federal service of penal execution» (FSIN of Russia), Ryazan

IMPROVEMENT OF ARRANGEMENT OF INTERACTION BETWEEN PENITENTIARY INSTITUTIONS AND REGIONAL AUTHORITIES IN THE PROCESS OF REFORESTATION

The article considers the experience of interaction between penitentiary institutions and regional authorities in the process of reforestation in the Ryazan region: particularly during arrangement of forest tree nurseries based on penitentiary institutions and their participation in the clearing of the burnt wood. Implementation of these activities will help to increase the employment of convicted persons on paid work, attract additional finance resources, raise social significance of the penal system and improve the environmental situation in the Central federal district.

Reforestation, forest tree nursery, state order, state contract.

Reference

1. Contseptsiya razvitiya ugolovno-ispolniteljnoy sistemy Rossijskoj Federatsii do 2020 goda. Utverzhdena Rasporyazheniem Praviteljstva Rossijskoj Federatsii ot 14 oktyabrya 2010 goda № 1772-r.

2. Lesnoj codex Rossijskoj Federatsii: text s izm. I dop. Na 2013 god. – M.: EKSMO, 2013. – 58 s.

3. Lesoexpluatatsiya: Uchebnik dlya stud. Vyssh. ucheb. zav. / V.I. Patyakin, E.O. Salminen, Yu.A. Bit. – M.: ITS «Academiya», 2006. – 317 s.

4. Technologiya I oborudovanie lesopromyshlennyh proizvodstv: Spravochnye materialy: Ucheb. Posobie / Yu.N. Chemodanov, E.M. Tsarev. – 2-e izd. – Yoshkar-Ola: Izd-vo MarGTU, 2002. – 252 s.

5. Tipovye normy vyrabotki, normy vremeni na raboty, vypolnyaemye v lesnyh pitomnikah. Federaljnaya sluzhba lesnogo khozyajstva Rossii. – M, 1995. – 113 s.

6. Tipovye normy vyrabotki i normativy vremeni na ruchnye seljskohozyajstvennye raboty (Utv. Minseljhozom RF) // SPS «Consuljtant-Plyus». – Rezhim dostupa: http://www.consultant.ru. – (Data obrashcheniya 18.05.2016 r.).

The material was received at the editorial office 19.05.2016.

Information about the authors

Ponomareva Ekaterina Vladimirovna, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of the chair «Economic theory, geography and ecology», Academy FSIN of Russia, 390000, Ryazan, ul. Sennaya, d. 1; e-mail: scanderbeg@mail.ru.

Tsukanova Tatjana Georgievna, candidate of geographical sciences, associate professor, head of the chair «Economic theory, geography and ecology», Academy FSIN of Russia, 390000, Ryazan, ul. Sennaya, d. 1; e-mail: kaf-etge@yandex.ru.

Subbotina Oxana Mikhailovna, candidate of juridical sciences, associate professor of the chair «Management and organization of the activity of UIS», Academy FSIN, Russia, 390000, Ryazan, ul. Sennaya, d. 1; e-mail: kaf-etge@yandex.ru.

УДК 502/504:630.627

И.В. ШЕВЕЛИНА, Д.В. МЕТЕЛЕВ, З.Я. НАГИМОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный лесотехнический университет», г. Екатеринбург, Россия

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА НАСАЖДЕНИЙ ЛЕСОПАРКОВ ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА

Проанализировано изменение ландшафтно-эстетических показателей насаждений лесопарков г. Екатеринбурга (тип ландшафта, класс эстетической ценности, балл рекреационной оценки, класс устойчивости и стадия рекреационной дигрессии) за период с 1986 по 2014 гг. Установлено, что соотношение типов ландшафта в лесопарках в настоящее время не оптимально, наблюдается избыток закрытых пространств (76,0%), недостаток полуоткрытых (10,1%). Выявлено, что за исследуемый период ухудшились все анализируемые показатели. Декоративно-эстетические свойства характеризуются высокой долей ландшафтных участков 2 класса эстетической ценности (49,4%), значительным объемом 1 класса (39,5%). Прослеживается закономерное ухудшение среднего класса эстетической ценности (1986 г. – 1,42; в 2014 г. – 1,72). Произошло заметное снижение рекреационных качеств насаждений лесопарков. Удельный вес насаждений с высокой рекреационной оценкой снизился с 59,3% до 18,3%, а средней и низкой оценок – увеличился соответственно с 38,4 до 67,1% и с 2,3 до 14,6%. Средний балл рекреационной оценки составил: 1986 г. – 1,43, 1996–1,63, 2014–1,96. Выявлено, что за весь анализируемый период преобладают насаждения первого класса устойчивости, однако их доля в площади сократилась с 80,0% до 54,4%. Удельный вес площади насаждений второго класса устойчивости увеличился с 19,0 до 41,6%. Наблюдается отрицательная динамика среднего класса устойчивости с 1,21 в 1986 г. до 1,50 в 2014 г. В начале анализируемого периода преобладали насаждения 1 стадии рекреационной дигрессии (80,3%), в 2014 г. их доля сократилась (49,8%). Удельный вес насаждений второй стадии дигрессии закономерно повышался (с 18,9 до 46,5%). Предложены рекомендации по повышению экологического и рекреационного потенциала лесопарков г. Екатеринбурга.

Лесопарки, ландшафтные показатели, динамика, рекреация, рекреационный потенциал.

Введение. На современном этапе урбанизации общества значительно возрастает рекреационное пользование лесом – использование лесных насаждений для организации отдыха населения, восстановления и улучшения здоровья людей. Большую роль в этом процессе играют лесопарки, входящие в ландшафтно-планировочную систему города и предназначенные в основном для кратковременного отдыха граждан.

Оценка степени выполнения лесопарками своих функций и определение объема и характера лесопарковых мероприятий невозможны без детального изучения рекреационной ценности лесопарковых насаждений.

Цель исследования. Основной целью исследований явился ретроспективный анализ рекреационных качеств насаждений лесопарков г. Екатеринбурга для определения режима их содержания и использования исходя из принципа обеспечения наилучших условий для кратковременного отдыха без негативных изменений в лесных биогеоценозах.

Материал и методы исследования. В основу исследований положены материалы лесоинвентаризаций, проведенных в лесопарках г. Екатеринбурга в 1986 [1] и 1997 гг. [2], а также соответствующие сведения из лесохозяйственного регламента за 2014 г. [3]. Основным методом решения поставленной цели явилась оценка изменений ландшафтно-рекреационных признаков лесопарковых насаждений за период с 1986 по 2014 гг. Обработка данных производилась с использованием программы MS OfficeExcel.

Результаты исследования и их обсуждение. С целью оценки рекреационного потенциала насаждений в лесопарках наряду с обычной производят ландшафтную таксацию. При этом для каждого лесотаксационного выдела определяются тип ландшафта, класс эстетической ценности, балл рекреационной оценки, класс устойчивости и стадия рекреационной дигрессии.

В таблице 1 представлено распределение площади выделов по типам ландшафта. Анализ ее данных свидетельствует, что в лесопарках города преобладают закрытые пространства. Это чистые и смешанные насаждения с относительной полнотой 0,6 и выше, и основном – с горизонтальной сомкнутостью. В 1986 г. они занимали 10131,8 га, или 81,6% от общей площади лесопарков. К концу исследуемого периода их площадь уменьшилась до 9060 га, а относительная представленность – до 76,0%. Полуоткрытые ландшафты характеризуются доминированием насаждений с полнотой 0,3–0,5 и незначительным участием рединных древостоев. Их площадь за анализируемый период увеличилась более чем в 2 раза: с 562,8 га в 1986 г. до 1214,3 га в 2014 г. Соответственно выросла и доля полуоткрытых ландшафтов в общей площади: с 4,5% в 1986 г. до 10,1% в 2014 г. Это, безусловно, положительный факт.

Таблица

Распределение площади выделов в лесопарках по типам ландшафтов

Тип ландшафта	Год лесоустройства	Площадь	
		га	%
Закрытый	1986	10131,8	81,6
	1997	9505,1	78,3
	2014	9060,0	76,0
Полуоткрытый	1986	562,8	4,5
	1997	679,9	5,6
	2014	1214,3	10,1
Открытый	1986	1729,2	13,9
	1997	1954,4	16,1
	2014	1646,2	13,9

Полуоткрытые пространства обладают более глубокой просматриваемостью, большими визуальными связями с примыкающими участками, в них ярче проявляются декоративные достоинства отдельно стоящих деревьев и групп. Поэтому в лесах рекреационного назначения наличие таких ландшафтов весьма желательно.

Открытые ландшафты представлены всеми видами площадей, не занятых плотными насаждениями и сооружениями: полянами, лужайками, водоемами. Их площадь за период с 1986 по 2014 гг. несколько уменьшилась: с 1729,2 га до 1646,2 га. Однако относительная представленность их в общей площади лесопарков не изменилась и составляет на начало и конец анализируемого периода 13,9%.

Н.М. Тюльпанов (1975) в лесной зоне для лесопарков рациональным считает сле-

дующее соотношение типов ландшафтов: закрытые – 55–60%, полуоткрытые – 25–30%, открытые – 15–20% [4]. Подобные данные приводятся в различных нормативных документах, используемых при разработке лесоустроительных проектов в лесах рекреационного назначения.

Таким образом, в настоящее время соотношение типов ландшафта в лесопарках г. Екатеринбурга нельзя признать удовлетворительным: в них чрезмерно высока доля закрытых ландшафтов (76,0%) и совершенно недостаточна представленность полуоткрытых. Поэтому для повышения рекреационной ценности лесопарков лесохозяйственные мероприятия должны быть направлены на обеспечение оптимального соотношения типов ландшафта.

Важнейшим показателем лесотаксационных выделов в лесопарках является класс эстетической оценки, который определяется с учетом красочности и гармоничности сочетания компонентов растительности, обеспечивающих эмоциональное восприятие насаждений отдыхающими [5]. Распределение площади насаждений лесопарков по классам эстетической ценности приведено на рисунке 1.

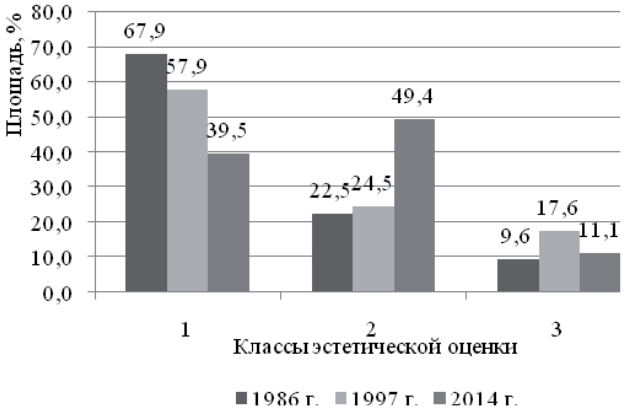

Рис. 1. **Распределение площади лесопарков по классам эстетической оценки, %**

Графические данные свидетельствуют о том, что на территории лесопарков представлены ландшафтные участки, относящиеся к различным классам эстетической ценности. Начало анализируемого периода характеризуется абсолютным доминированием участков первого класса эстетической ценности, доля которых в 1986 г. составляла 67,9%. Последующие годы характеризовались заметным снижением декоративно-эстетических свойств выделов. В 2014 г. в лесопарках уже преобладают ландшафтные участки 2 класса эстетической ценности. Их доля за 28-летний период увеличилась с 22,5 до 49,4%. Представленность по площади ландшафтных участков третьего класса эстетической ценности, декоративно-эстетические качества которых невозможно улучшить только традиционными лесоводственными методами, в начале и конце анализируемого периода находится примерно на одном уровне (9,6 и 11,1% соответственно). Наблюдается закономерное ухудшение среднего класса эстетической ценности ландшафтных участков: в 1986 г. он составлял 1,42, в 1997 г. – 1,60, а в 2014 г. – 1,72.

На наш взгляд, главными причинами снижения декоративных и эстетических свойств ландшафтных участков лесопарков являются возрастание рекреационной нагрузки на лесопарки и увеличение количества лесных пожаров из-за ослабления лесоохраной деятельности.

За анализируемый период произошло заметное ухудшение рекреационных качеств лесопарковых насаждений (рис. 2). Так, площадь насаждений с высокой рекреационной оценкой (не требующих дополнительных мероприятий для организации отдыха) уменьшилась почти в 3 раза. Удельный вес их снизился с 59,3% в 1986 г. до 18,3% в 2014 г. Как следствие, произошло накопление выделов, имеющих среднюю и низкую рекреационные оценки. Так, площадь насаждений со средней оценкой увеличилась почти в 2 раза (удельный вес возрос с 38,4 до 67,1%), а с низкой – в 7 раз (с 2,3 до 14,6%).

Следует отметить, что насаждения со средней оценкой требуют незначительного хозяйственного воздействия для организации благоустроенного отдыха, а с низкой оценкой – больших капиталовложений. Об ухудшении рекреационных характеристик лесопарковых насаждений за анализируемый период свидетельствует динамика среднего балла рекреационной оценки: в 1986 г. он составлял 1,43, в 1997 г. – 1,63, в 2014 г. – 1,96. На наш взгляд, это связано с недостаточным объемом мероприятий по благоустройству территории и улучшению санитарного состояния насаждений, проводимых в лесопарках г. Екатеринбурга за период с 1986 по 2014 гг.

Для лесопарковых насаждений важным показателем является класс устойчивости, который показывает способность насаждений сохранять свои свойства и функции в условиях рекреационного воздей-

ствия. Распределение площади насаждений лесопарков по классам устойчивости представлено на рисунке 3. Видим, что в лесопарках преобладающими являются насаждения первого класса устойчивости. Однако за анализируемый период доля этих насаждений по площади сократилась с 80,0 до 54,4%. Это сокращение сопровождалось увеличением площади насаждений второго класса устойчивости. Доля их за период с 1986 по 2014 гг. неуклонно повышалась (с 19,0 до 41,6%). Участие насаждений третьего и четвертого классов устойчивости в лесопарках незначительно.

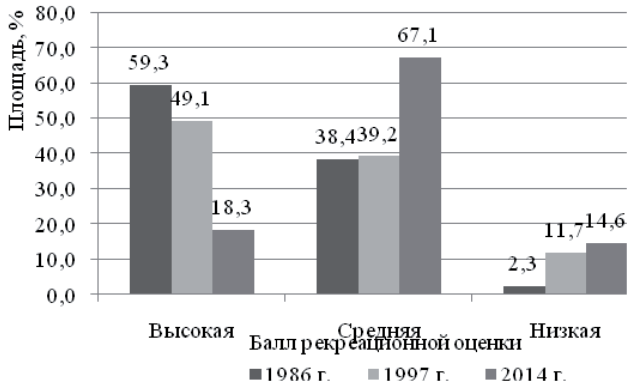

Рис. 2. **Распределение площади лесопарков по баллам рекреационной оценки, %**

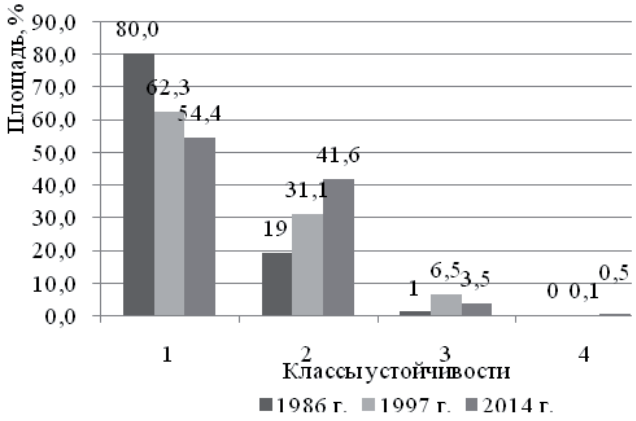

Рис. 3. **Распределение площади насаждений лесопарков по классам устойчивости**

По данным рисунка 3 рассчитан средний класс устойчивости насаждений. Он составил в 1986 г. 1,21, в 1997 г. – 1,44, в 2014 г. – 1,50. Эти цифры свидетельствуют о неуклонном снижении устойчивости лесопарковых насаждений за анализируемый период. На этот факт следует обратить серьезное внимание при проектировании хозяйственных мероприятий на территории лесопарков.

Негативные изменения в лесном биогеоценозе принято называть рекреационной дигрессией. При лесоустройстве в зависимости от вытоптанной площади, количества уничтоженного подроста и поврежденных деревьев, смены лесных трав на луговые и сорные принято различать 5 стадий этого процесса. Данные о распределении площади насаждений лесопарков по стадиям рекреационной дигрессии представлены на рисунке 4. Они показывают, что в начале анализируемого периода в лесопарках города доминировали насаждения, отнесенные к 1 стадии рекреационной дигрессии (без заметных негативных изменений). Их доля в 1986 г. составляла 80,3%. В последующем площадь таких насаждений постепенно сокращалась и в 2014 г. их представленность в относительном выражении составила только 49,8%.

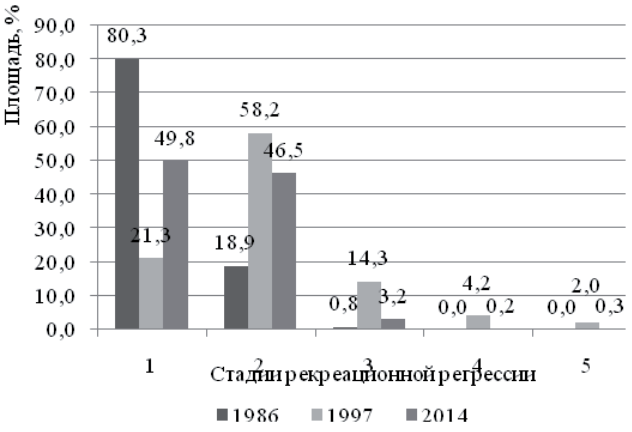

Рис. 4. **Распределение площади насаждений лесопарков по стадиям рекреационной дигрессии**

Участие насаждений второй стадии дигрессии в лесопарках города на протяжении исследуемого периода закономерно повышалась. Их доля в 1986 г. составляла всего 18,9%, а к 2014 г. выросла до 46,5%. Участие насаждений четвертой и пятой стадий дигрессии (с явными негативными изменениями, во многих случаях необратимыми) в лесопарках крайне не значительно. В начале анализируемого периода их не было совсем.

В целом с 1986 по 2014 гг. процессы негативного изменения биогеоценозов в лесопарках города обострялись. На наш взгляд, это связано с установленными в этот период режимами рекреационной деятельности, которые не в полной мере соответствовали быстро меняющимся из-за роста населения города показателям рекреационной нагрузки: рекреационной плотности, рекреационной посещаемости и рекреационной интенсивности.

Выводы

В настоящее время соотношение типов ландшафта в лесопарках г. Екатеринбурга далеко от оптимума: в них чрезмерно высока доля закрытых ландшафтов и совершенно недостаточно участие полуоткрытых.

За анализируемый период в той или иной мере ухудшились все показатели, определяемые для лесов рекреационного назначения: класс эстетической ценности, балл рекреационной оценки, класс устойчивости, стадия рекреационной дигрессии.

Главными причинами такой ситуации являются резкое возрастание рекреационных нагрузок в результате роста населения города (за исследуемый период население города увеличилось на 100000 чел., или на 7,9%) и увеличение количества лесных пожаров, связанное с ослаблением лесоохраной деятельности.

На основе проведенного анализа для повышения экологического и рекреационного потенциала лесопарковых насаждений можно предложить следующие рекомендации:

1. Обеспечить ландшафтными рубками оптимальное соотношение типов ландшафта.

2. Разработать режим рекреационной деятельности с учетом состояния насаждений, рекреационного зонирования территории и быстро меняющихся из-за роста населения города показателей рекреационной нагрузки.

3. Обосновать характер и объем лесопарковых мероприятий, обеспечивающих не только предотвращение негативных изменений биогеоценозов, но и заметное улучшение рекреационного потенциала насаждений в лесопарках.

Библиографический список

1. Проект организации и развития лесного хозяйства Свердловского горлесхоза Управления зеленого хозяйства Свердловского горисполкома.Т. 1. Пояснительная записка. Поволжское л/у предприятие, Свердловская аэрофотолесоустроительная экспедиция. – Свердловск: 1986–1987 гг. – 154 с.

2. Проект организации и ведения лесного хозяйства городского лесхоза администрации г. Екатеринбурга.Т. 1. Пояснительная записка. Поволжское л/у предприятие, Свердловская лесоустроительная экспедиция. – Свердловск: 1997–1998 гг. – 293 с.

3. Лесохозяйственный регламент лесопаркового участкового лесничества Верх-Исетского лесничества Свердловской области с изменениями и дополнениями, утвержденными приказом департамента лесного хозяйства Свердловской области от 08.07.2014 г. № 913. – Екатеринбург. – 510 с.

4. Тюльпанов Н.М. Лесопарковое хозяйство. – Л.: Стройиздат, 1975. – 161 с.

5. Гусев Н.Н.,Синицын С.Г.,Сухих В.И., Букин Н.И. Лесоустройство в СССР: Научное издание. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 328 с.

Материал поступил в редакцию 13.05.2016.

Сведения об авторах

Шевелина Ирина Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Лесной таксации и лесоустройства» ФГБОУ ВО УГЛТУ, 620100, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 36; тел.: 8-902-875-46-48; e-mail: ishevelina@gmail.com.

Метелев Дмитрий Васильевич, аспирант ФГБОУ ВО УГЛТУ, 620100, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 36; тел.: 8(343)261-52-48; e-mail: living-forest@mail.ru.

Нагимов Зуфар Ягфарович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Лесной таксации лесоустройства», ФГБОУ ВО УГЛТУ, 620100, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 36; тел.**:** 8(343)261-52-48; e-mail: nagimov@usfeu.ru.

I.V. SHEVELINA, D.V. METELEV, Z.IA. NAGIMOV

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ural State Forest Engineering University», Yekaterinburg

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF THE RECREATION POTENTIAL OF PLANTATIONS IN THE WOODLAND PARKS OF YEKATERINBURG

Changing of landscape – aesthetic indicators of plantations in the woodland parks of Yekaterinburg is analyzed (type of landscape, class of aesthetic value, ball of recreational assessment, class of stability and stage of recreational digression) for the period from 1986 to 2014. It was found that currently the ratio of types of landscape in the woodland parks is

not optimal as there is observed an excess of closed spaces (76.0%) and lack of half-open (of 10.1%). It is revealed that all the analyzed indicators deteriorated during the studied period. Decorative-aesthetic properties are characterized by a high share of landscaped areas of the second class of aesthetic value (49.4%) and by a significant volume of the 1st class (39.5%). The logical worsening of the middle class of aesthetic value (1986–1.42; 2014–1.72) is traced. There was an evident decrease of recreation qualities of plantations in woodland parks. The specific weight of plantations with a high recreational value decreased from 59.3% to 18.3%, and an average and low assessments increased accordingly from 38.4 to 67.1% and from 2.3% to 14.6% respectively. The average ball of recreation assessment was: 1986–1.43, 1996–1.63, 2014–1.96. During the whole analyzed period plantations of the first stability class dominate, however, their share in the area declined from 80.0% to 54.4%.The specific weight of plantations of the second stability class increased from 19.0 to 41.6%. There is observed a negative dynamics of the middle stability class from 1.21 in 1986 to 1.50 in 2014. At the beginning of the analyzed period plantations of the first stage of recreational digression dominated (80.3%), in 2014 their share decreased (49.8%). The specific weight of plantations of the second stage of digression naturally increased (from 18.9 to 46.5%). There are proposed recommendations for improvement of the ecological and recreation potential of the woodland parks of Yekaterinburg.

Woodland parks, landscape indicators, dynamics, recreation, recreational potential.

Reference

1. Project organizatsii i razvitiya lesnogo hozyajstva Sverdlovskogo gorleshoza Upravleniya zelenogo hozyajstva Sverdlovskogo gorispolkoma. T. 1. Poyasniteljnaya zapiska. Povolzhskoye l/u predpriyatie, Sverdlovskaya aerophotolesoustroiteljnaya expeditsiya. – Sverdlovsk: 1986–1987 гг. – 154 s.

2. Project organizatsii i vedeniya lesnogo hozyajstva gorodskogo leshoza administratsii g. Ekaterinburga.T. 1. Poyasniteljnaya zapiska. Povolzhskoye l/u predpriyatie, Sverdlovskaya lesoustroiteljnaya expeditsiya. – Sverdlovsk: 1997–1998 гг. – 293 p.

3. Lesohozyajstvenny reglament lesoparkovogo uchastkovogo lesnichestva Verh-Isetskogo lesnichestva Sverdlovskoj oblasti s izmeneniyami i dopolneniyami, utverzhdennymi prokazom departamenta lesnogo hozyaistva Sverdlovskoj oblasti ot 08.07.2014 g. № 913. – Yekaterinburg. – 510 s.

4. Tyuljpanov N.M. Lesoparkovoje hozyajstvo. – L.: Strojizdat, 1975. – 161 s.

5. Gusev N.N., Sinitsyn S.G., Sukhih V.I., Bukin N.I. Lesoustroistvo v SSSR: Nauchnoe izdanie. – M.: Lesnaya promyshlennostj, 1981. – 328 s.

The material was received at the editorial office 13.05.2016.

Information about the authors

Shevelina Irina Vladimirovna, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor of the chair "Forest taxation and forest management"; FSBEI HE USFEU; 620100 Yekaterinburg, ul. Sibirskii trakt, 36; tel.: 8-902-875-46-48; e-mail: ishevelina@gmail.com.

Metelev Dmitri Vasilevich, Post Graduate student; FSBEI HE USFEU; 620100 Yekaterinburg, ul. Sibirskii trakt, 36; tel.: 8(343)261-52-48; e-mail: living-forest@mail.ru.

Nagimov Zufar Yagfarovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor; Head of the chair «Forest inventory and forest management»; FSBEI HE USFEU; 620100 Yekaterinburg, ul. Sibirskii trakt, 36; tel.: 8(343)261-52-48; e-mail: nagimov@usfeu.ru.

УДК 504/504:639.331.5

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

ОЧИСТКА МОРСКОЙ ВОДЫ ВОДОРОСЛЯМИ ПРИ СОДЕРЖАНИИ РЫБ В ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКЕ

Caulerpaprolifera на 1 кг своей массы ежесуточно способна поглощать 4,9 мг аммонийного, 665 мг нитратного азота, 1,66 мг фосфатов. При использовании нитрифицирующего фильтра ежесуточное поглощение фосфатов возрастает до 16,1 мг/кг биомассы водоросли, а нитратного азота – до 1132,4 мг/кг (в 9 и 1,5 раза соответственно). Скорость выделения кислорода этой водорослью варьирует от 156 до 239 мг O_2/кг сырой массы водоросли в час. Относительный прирост биомассы C.prolifera в альгофильтре барабанной конструкции в системе без нитрифицирующего фильтра составил 39,6%, а в системе с нитрифицирующим фильтром – 44,9%. Увеличение интенсивности освещения водоросли с 3 до 11 тыс. лк достоверно увеличивает скорость выделения кислорода водорослью в 1,8 раза: с 1,65 до 2,91 мг/л в час. Дальнейшее повышение интенсивности излучения до 22 тыс. лк не приводило к увеличению скорости выделения кислорода. Альгофильтр способен обеспечить нормативное качество воды в системе по исследованным показателям при соотношении биомассы каулерпы к биомассе рыб 8:1; включение в состав системы нитрифицирующего фильтра снижает такое соотношение в 2 раза – до 4:1. Достигнуто сокращение ежемесячных расходов на подмену воды на 1603 руб. на каждый 1 м^3 объема экспозиционного аквариума.

Рекреационная аквакультура, очистка воды, морские водоросли Caulerpaprolifera, альгофильтр, гидрохимические показатели.

Введение. Процесс создания публичных океанариумов в мегаполисах, удаленных от морского побережья имеет определенные особенности, вызванные главной причиной – полным отсутствием естественной морской воды, что вынуждает их владельцев прибегать к применению циркуляционных систем водоиспользования с искусственной морской водой. В силу специфики работы подобных рекреационных систем возникает необходимость регулярной подмены этой воды до 10% в неделю (в частности, из-за сверхнормативного накопления в ней нитратов и фосфатов), что связано с большими финансовыми затратами.

Одним из перспективных способов изъятия из оборотной воды нитратов, фосфатов, а также других биогенных элементов является применение водорослей. Вместе с тем данное направление в мировой аквакультуре развивается сравнительно недавно, исследования в этой области достаточно разобщены и фрагментарны, особенно если речь идет не о пресной, а о морской воде. Остро стоит проблема и о техническом воплощении результатов исследований в рассматриваемой сфере, обеспечивающем не только технологическую, но и экономическую эффективность данного метода очистки морской воды. Стоит отметить малое количество работ по этому направлению в нашей стране, хотя во всем мире оно считается перспективным.

Цель проведенных исследований – разработать биотехнические параметры применения водорослей для подготовки морской воды в установках с замкнутым водоиспользованием (УЗВ). В соответ-

ствии с этой целью ставились следующие задачи:

1. Осуществить подбор оптимального для использования в составе альгофильтра вида водорослей.

2. Определить количество потребляемых водорослями биогенных веществ и выделяемого ими растворенного кислорода.

3. Подобрать оптимальныепараметры источника освещения для эффективного осуществления очистки воды с использованием водорослей.

4. Дать оценку экономической эффективности применения водорослей для очистки оборотной морской воды в демонстрационных системах аквакультуры.

Материалы и методы исследований. Экспериментальные исследования проведены в период с 2012 по 2015 гг. на базе аквариальной ООО «Океанариум № 1» торгово-развлекательного комплекса «РИО» в г. Москве.

Подбор водорослей для очистки оборотной морской воды осуществляли путем сравнительного содержания четырех доступных нам видов: *Ulvalactuca* (Linnaeus, 1753), *Caulerparacemosa* (Forsskål), (J. Adardh, 1873), *Caulerpaprolifera* (Forsskål), (J.V. Lamouroux, 1809), *Chaetomorphacrassa* (C. Agardh), (Kützing, 1854). Их размещали в одинаковых емкостях объемом по 6 л каждая, оснащенных системой циркуляции морской воды и биологическим фильтром. Контролем служила аналогичная циркуляционная система без водорослей. Емкости с водорослями освещали люминесцентными лампами GLO (FloraGlo, 40W, 2800 лк у поверхности воды) в режиме 12 ч. свет – 12 ч. темнота. В качестве источника метаболитов в системах использовали аквариумы объемом 80 л каждый с молодью красной тиляпии. Температуру воды поддерживали на уровне 25°С, кормление рыбы осуществляли 4 раза в сутки. Исследования проводили 154 дня одновременно в двух повторностях. В процессе опыта контролировали динамику основныхгидрохимических показателей, прирост массы рыбы и водорослей, осуществляли визуальный контроль общего состояния гидробионтов.

Исследовали динамику pH, окислительно-восстановительного потенциала, температуры, солёности (мультиметр Ultrameter 2, MYRONL, $6FC^{E}$); освещённости (люксометр MilwakeeMW 700); концентрации кислорода (Оксиметр HachHQ-30d); общего аммонийного азота (метод Сэджи-Солорзано); нитритного (метод Бендшнайдера и Робинсона) и нитратного азота (метод восстановления нитрата до нитрита в кадмиевых колонках); фосфатов (метод Морфи-Райли) (Руководство по химическому анализу морских и пресных вод, 2003).

При разработке оптимального источника освещения для определения светопоглощающей способности водорослей использовали спиртовую вытяжку фотосинтезирующих пигментов (Синицына и др., 2008). Исследованию подвергалась лишь *Caulerpaprolifera*, показавшая наилучшие предварительные результаты при выращивании в альгофильтре, и цианобактерии, чтобы учесть их спектр поглощения при подборе светодиодов для снижения нежелательных обрастаний. Полученные спиртовые вытяжки подвергались спектрофотометрии (спектрофотометр ПЭ-5400) при пятикратной повторности, на°Сновании полученных данных спектров поглощения света произвели выбор длин волн светодиодов освещения.

Полученные данные проходили опытную проверку. Одна группа водорослей освещалась экспериментальным светильником (опыт), контрольная – серийным светодиодным светильником, спектр которого приближен к солнечному. Показателем эффективности светоисточника являлась интенсивность фотосинтеза, определяемая через увеличение концентрации кислорода в воде (мг O_2/л в час). При определении оптимальной интенсивности освещения ёмкости с подобранным видом водоросли освещали диодными светильниками с интенсивность 3, 5, 9, 11, 15, 22 тыс. лк. Процесс фотосинтеза контролировали по скорости выделения кислорода. После двухмесячной эксплуатации экспериментальной и контрольной систем получены данные о потреблении водорослью биогенных веществ в пересчёте на 1 кг сырой массы.

Результаты исследований обработаны статистически с помощью пакета прикладных программ MicrosoftOffice, 2010.

Результаты исследований. Из четырех исследованных водорослей наиболее устойчивыми к специфическим условиям УЗВ (в том числе к высокому уровню ор-

ганического загрязнения) показала себя *Caulerpaprolifera,* которая оказалась более приспособленной к искусственным условиям содержания в составе альгофильтра, что и определило ее использование в последующих опытах.

На первом этапе изучалась работа системы с очисткой воды исключительно силами водорослевого фильтра, контролем служила система с нитрифицирующим фильтром. Обобщённые результаты гидрохимических исследований (табл. 1) показали, что в опытной системе с водорослями уровни кислорода и pH были достоверно выше, чем в контрольной системе циркуляции, а содержание аммонийного азота, нитритов, нитратов и фосфатов – достоверно ниже, что говорит о положительном влиянии водорослевой очистки на значение данных показателей.

Средняя концентрация кислорода в опыте (30 сут.) составила 7,27 мг/л, а в контроле – 5,8 мг/л. Каулерпа успешно выполняла функцию насыщения воды кислородом с интенсивностью 9,6 мг на 100 г сырой массы в час.

Уровень аммонийного и нитритного азота в опытной системе оставался на минимальном уровне. В контрольной системе отмечен постепенный рост данных показателей к концу эксперимента до 0,4 и 0,6 мг/л соответственно. Уровень нитратов в контрольной системе закономерно вырос до 88 мг/л, тогда как в опытной системе содержание нитратов и их рост фиксировались только в последние 3 сут. опыта (до 20 мг/л), что, по-видимому, связано с заметно возросшей ихтиомассой в системе.

Таблица 1

Результаты гидрохимических исследований при эксплуатации системы с альгофильтром и без него

Показатель	Результаты исследований			
	опыт		контроль	
	M ± m	C_v,%	M ± m	C_v,%
Активная реакция среды, pH	8,19 ± 0,09*	4,4	7,71 ± 0,05	2,6
Растворенный кислород, мг/л	7,27 ± 0,26*	14,6	5,80 ± 0,39	27,4
Окислительно восстановительный потенциал (ОВП), мВ	245,0 ± 5,97	10,0	228,0 ± 7,07	13,1
Аммонийный азот, мг/л	0,006 ± 0,006***	-	0,130 ± 0,055	-
Нитриты, мг/л	0,029 ± 0,220*	-	0,338 ± 0,064	-
Нитраты, мг/л	2,22 ± 2,2**	-	33,30 ± 10,1	-
Фосфаты, мг/л	0,024 ± 0,013***	-	0,110 ± 0,033	-

Примечание. Различия достоверны при уровне надежности: *99,9%; ** 99%; *** 95%.

Увеличение концентрации фосфатов происходило достаточно медленно, как в опытной с водорослями (до 0,1 мг/л), так и в контрольной (до 0,25 мг/л) системах.

В целом стабильная работа опытной системы продолжалась при увеличении количества вносимого корма (в пересчете на протеин) до 2,7 г в сутки при соотношении массы рыб к массе водорослей 1:8. Дальнейшее увеличение нормы кормления ухудшало стабильность допустимого гидрохимического режима по°Сновным изучаемым показателям.

При эксплуатации системы, сочетающей водорослевый и нитрифицирующий фильтры, уровень кислорода, pH и окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) был достоверно выше, а содержание нитратов и фосфатов – достоверно ниже, чем в контрольной системе циркуляции, что вновь говорит о положительном влиянии водорослевой очистки на параметры водной среды (табл. 2). Аммонийный и нитритный азот ни в одной из систем не обнаруживался, что свидетельствует о нормальном режиме работы в их составе нитрифицирующих биофильтров, полностью преобразующих аммонийные и нитритные соединения в слаботоксичные нитраты. При этом в течение меся-

ца pH: контрольной системы постепенно снижался с 7,61 до 7,28. Опытная система с альгофильтром демонстрировала достаточно динамичный рост значения pH с 7,53 до 8,01 – уровня, характерного для естественной морской воды.

ОВП на протяжении эксперимента (30 сут.) отличался значительными колебаниями в обеих системах, однако среднее значение оказалось достоверно выше в опытной системе по сравнению с контрольной, что указывает на меньшее органическое загрязнение воды.

Концентрация нитратов в опытной системе постепенно росла, а затем стабилизировалась на уровне 75–80 мг/л с тенденцией постепенного снижения. В контрольной системе без альгофильтра отмечен закономерный интенсивный рост концентрации нитратов, указывающий на стабильное протекание процесса нитрификации в биологическом фильтре. В результате в конце эксперимента их концентрация достигла 200 мг/л и была достоверно выше таковой в опытной системе циркуляции.

Таблица 2

Результаты гидрохимических исследований при эксплуатации системы в сочетании альгофильтра с нитрифицирующим фильтром (опыт) и без альгофильтра (контроль)

Показатель	Результаты исследований			
	опыт		контроль	
	M ± m	C_v,%	M ± m	C_v,%
Активная реакция среды, pH	7,76 ± 0,048*	2,6	7,36 ± 0,025	1,4
Растворенный кислород, мг/л	5,90 ± 0,18***	12,7	5,26 ± 0,16	12,3
ОВП, мВ	249,0 ± 8,7**	15,2	211,0 ± 7,91	16,4
Аммонийный азот, мг/л	0	-	0	-
Нитриты, мг/л	0**	-	0,21 ± 0,07	-
Нитраты, мг/л	67,0 ± 2,3***	-	100,0 ± 12,4	-
Фосфаты, мг/л	0,13 ± 0,04**	-	0,72 ± 0,2	-

Примечание. Различия достоверны при уровне значимости: *99,9%; **99%; ***95%.

Аналогичная картина отмечена и в динамике концентрации фосфатов, которая в опытной системе с альгофильтром была достаточно стабильна и не превышала 0,4 мг/л. В контрольной системе она достигла 2 мг/л, при этом скорость накопления фосфатов значительно возрастала. Очевидно, что в опытной системе водоросли альгофильтра активно поглощали фосфаты, тогда как в контрольной происходило их накопление.

Установлено, что в пересчёте на 1 кг сырой массы в системе без нитрифицирующего фильтра *Caulerpaprolifera* ежесуточно потребляла 4,9 мг аммонийного, 665 мг нитратного азота, 1,66 мг фосфатов. При использовании нитрифицирующего фильтра (аммонийный азот отсутствует) ежесуточное поглощение фосфатов возрастает до 16,1 мг/кг биомассы водоросли, а нитратного азота – до 1132,4 мг/кг (в 9 и 1,5 раза соответственно).

Средний прирост за неделю биомассы каулерпы на барабанной системе альгофильтра без нитрифицирующего фильтра составлял39,6%и 44,1% с нитрифицирующим фильтром (достоверность различий 95%).

При опытной эксплуатации циркуляционных систем с очисткой воды исключительно с помощью альгофильтра общая масса рыб постепенно увеличивалась, достигнув к концу месяца около 120 г. Приемлемое качество воды обеспечивалось при удельной ихтиомассе 466 г/м^3 бъёма системы. Данный показатель в два раза меньше удельной ихтиомассы, применяемой в публичных морских океанариумах (919 г/м^3 объёма системы) (Natarajanet et al., 2009). Таким образом, оптимальное

отношение массы водоросли к массе рыб в данном варианте эксплуатации системы составило 8:1.

При использовании водорослевого фильтра совместно с нитрифицирующим биомасса каулерпы в 617…660 г обеспечивала стабильную работу замкнутой системы при ихтиомассе 160 г (0,988 кг/м^3), т.е. позволяла поддерживать требуемое качество оборотной воды при более высокой ихтиомассе, причем в опытной системе концентрация биогенов была практически неизменна, в то время как в контрольной наблюдается ее рост в геометрической прогрессии.

Достигнутая удельная ихтиомасса 988 г/м^3 при сохранении требуемого качества воды оказалась даже несколько выше общепринятой в океанариумах – 919 г/м^3 объёма системы (Natarajanet et al., 2009). При этом соотношение массы водоросли к массе рыб составило 4:1.

Таким образом, применение нитрифицирующего фильтра совместно с водорослевым фильтром позволяет увеличить общую ихтиомассу в системе циркуляции более чем в 2 раза при одновременном сохранении требуемого качества воды по сравнению с применением только системы водорослевой очистки.

В дальнейшем были установлены зависимости коэффициента поглощения света от длины волны излучения образцов водоросли (*C. prolifera*) и цианобактерий. Их сопоставление позволило выделить ту часть спектра, которая благоприятна для культивируемой водоросли, и в то же время не способствует росту цианобактерий. Установлено, что для освещения водорослевого фильтра с макроводорослью *C. prolifera* в идеале необходим источник освещения с тремя пиками излучения: 340 нм, 470 нм и 660 нм в соотношении 4,0:1, 3:1,0. Однако использование диодов ультрафиолетового диапазона (340 нм) причем в количестве, превышающем красные и синие вместе взятые, оказалось по ряду причин проблематичным. Поэтому мы ограничились применением конструкции, включающей в себя 21 красный диод (660 нм) мощностью 3 вт каждый и 21 синий диод (470 нм) мощностью по 3 вт (табл. 3), (соотношение, близкое к расчетному).

Таблица 3

Скорость выделения кислорода в зависимости от типа светильника, мг/л в ч. (n = 30)

Тип светильника	Результаты исследований			C_v, %
	M ± m	Min	Max	
Hagen, дневной свет (контроль)	1,25 ± 0,13	0,69	1,51	24,7
Экспериментальный светильник (470 нм+660 нм) (опыт)	1,71 ± 0,15*	1,19	2,19	21,3

• Различия достоверны при уровне значимости 95%.

Интенсивность фотосинтеза оценивалась по скорости роста в воде содержания кислорода (Синицина и др., 2008; Janssenetall, 2002), которая на 1 г биомассы водоросли составила 0,214 мг/ч при опытном освещении и 0,156 мг/ч, при стандартном освещении солнечного спектра.

Таким образом, скорость выделения кислорода при использовании экспериментального источника освещения оказалась в 1,4 раза, или на 37% достоверно выше по сравнению с контролем. Одновременно разработанный источник освещения оказывал угнетающее действие на развитие обрастаний цианобактериями, тогда как при обычном освещении отмечено интенсивное обрастание стенок ёмкости альгофильтра.

При освещении каулерпы диодными светильниками с интенсивностью от 3 до 22 тыс. лк интенсивность фотосинтеза контролировали по скорости выделения кислорода. При 3 тыс. лк она составляла 1,65 мгO_2/л в 1ч, а при 11 тыс. лк достигла максимума – 2,91 мгO_2/л в 1ч. Дальнейшее увеличение уровня освещенности не привело к росту скорости выделения кислорода.

Таким образом, оптимальная интенсивность освещенности разработанного светодиодного светильника для водоросли *Caulerpaprolifera* составляет 11 тыс. лк, что соответствует излучению 546 вт/м^2 на расстоянии 5…10 см от поверхности воды и ее глубине 40 см. Что касается продолжительности применения искусственного освещения альгофильтра в течение суток, то наиболее предпочтительно круглосуточное применение. Данная рекомендация достаточно закономерна, поскольку выключение света приводит к прекращению процессов фотосинтеза, соответствующего выделения кислорода и поглощения биогенных соединений.

На основании проведённых исследований нами была разработана экспериментальная замкнутая система с барабанным альгофильтром общим объёмом 162 л, описанная нами ранее (Жигин, Дементьев, 2015).

Экономическая оценка результатов исследований дана на примере океанариума ТРЦ «РИО» путем сопоставления эксплуатационных затрат, связанных с приготовлением и расходом искусственной морской воды и расходом электроэнергии при эксплуатации альгофильтра в системе циркуляции или без его применения (табл. 4).

Таблица 4

Экономическая эффективность применения альгофильтра на 1 м^3 системы циркуляции (в ценах 2015 г.)

Показатель	Вариант эксплуатации УЗВ	
	с альгофильтром	без альгофильтра
Продолжительность эксплуатации, нед.	4	4
Затраты электроэнергии: кВт/ч руб. (1 кВт/ч = 5 руб.)	 303 1515	 135 675
Затраты на приготовление подпиточной морской воды: литров руб. (1 л = 5,5 руб.)	 75 413	 500 2750
Затраты на водопотребление: литров руб. (1 л =0,2 руб.)	 75 15	 500 100
Затраты на водоотведение: литров руб. (1 л = 0,05 руб.)	 75 3,75	 500 25
Общие затраты, руб.	1947	3550
Экономия, руб/м^3 аквариума	1603	-
Затраты на изготовление альгофильтра, руб/м^3	275	0
Срок окупаемости альгофильтра, мес.	6	-

Включение альгофильтра с водорослью *Caulerpaprolifera* в систему водоподготовки экспозиционного морского аквариума позволит сократить ежемесячные расходы денежных средств на 1603 руб./м^3 объема системы циркуляции, обеспечивая при этом качество воды даже на более высоком уровне, чем при использовании ее подмены в количестве 12,5% еженедельно. При этом срок окупаемости затрат на его изготовление составляет 6 мес.

Выводы

В целях повышения эффективности очистки оборотной воды морских циркуляционных экспозиционных систем и снижения затрат на их эксплуатацию рекомендуется:

1. Включать в состав системы очистки оборотной воды альгофильтры барабанного типа с использованием зеленых водорослей, в частности каулерпы (*Caulerpaprolifera)* в системе без нитри-

фицирующего фильтра из расчета ежесуточного поглощения на 1 кг своей массы до 4,9 мг аммонийного азота, 1,7 мг фосфатов, 665 мг нитратного азота; при использовании нитрифицирующего фильтра – 16,1 мг/кг фосфатов, 1132,4 мг/кг нитратного азота при температуре воды 25°С.

2. Для освещения водоросли *Caulerpaprolifera* в альгофильтре и одновременного подавления развития нежелательных цианобактерий наиболее эффективно использовать светодиоды трёх типов, с длинами волн 340, 470 и 660 нм в соотношении 4,0:1, 3:1,0. Оптимальная освещенность водорослевого фильтра составляет около 11 тыс. лк в круглосуточном режиме, что соответствует излучению светодиодного светильника мощностью 130 Вт на расстоянии 5…10 см от поверхности воды, при ее глубине 40 см. Указанные выше условия обеспечат источник освещения 546 Вт/м$^{2.}$

Библиографический список

1. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоёмов и перспективных для промысла районов мирового океана. – М.: Изд-во ВНИРО, 2003. – 202 с.

2. Синицына Ю.В., Олюнина Л.Н., Половинкина Е.О. Фотосинтез и дыхание растений: Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2008. – 28 с.

3. Natarajan M., Raja P., Marichamy G., Rajagopal S. Effect of Temperature, Dissolved Oxygen Variation and Evaporation Rate in Marine Aquarium // Current Research Journal of Biological Sciences. – October 20, 2009. – № 1 (3). – P. 72–77.

4. Janssen M. Cultivation of microalgae: effect of light / dark cycles on biomass yield // Ponsen&Looijen BV, Wageningen, The Netherladns, 2002. – 184 p.

5. Жигин А.В, Дементьев Д.В. Искусственная морская рыбоводная экосистема с очисткой воды водорослями // Аграрная наука. – 2015. – № 5. – С. 28–30.

Материал поступил в редакцию 22.06.2016.

Сведения об авторах

Жигин Алексей Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры аквакультуры и пчеловодства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, Прянишникова ул., д.49; тел. 8-905-773-83-68, e-mail: azhigin@gmail.com.

Дементьев Дмитрий Викторович, аспирант кафедры аквакультуры и пчеловодства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, Прянишникова ул., д.49; тел. 8-499-976-33-67, e-mail: zoo@timacad.ru.

A.V. ZHIGIN, D.V. DEMENTYEV

Federal State Educational Institution of Higher Education «RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow, Russia

AIGAE CLEANING OF SEAWATER WHILE KEEPING FISH IN THE CIRCULATION SYSTEM

Caulerpaprolifera is able to absorb 4.9 mg of ammonia, 665 mg of nitrate nitrogen, 1.66 mg of phosphates daily per 1 kg of its mass. When using a nitrification filter, daily phosphate absorption increases to 16.1 mg/kg algae biomass, and nitrate nitrogen absorption – to 1132.4 mg/kg (by 9 and 1.5 times respectively). The rate of oxygen evolution by this algae ranges from 156 to 239 mg O_2/kg of wet algae weight per hour. The incremental rate of C. prolifera biomass in the algofilter of a drum-type without a nitrifying filter reached 39.6%, and in the system with a nitrifying filter – 44. 9%. Increasing of algae illumination intensity from 3 thousand lx to 11 thousand lx certainly increases the rate of oxygen evolution by algae by 1.8 times: from 1.65 to 2.91 mg/l per hour. Further increase of the illumination intensity to 22 thousand lx didn't lead to the increase of oxygen evolution rate. Algofilter is able to provide a regulatory water quality in the system according to the studied indicators with C. prolifera biomass-to-fish biomass ratio of 8:1; inclusion of nitrification filter in the system reduces this ratio by twice – up to 4:1. Reduction of monthly consumptions on water substitution is achieved by 1603 rbls per each 1 m^3 of volume of the exhibition aquarium.

Recreational aquaculture, water purification, marine algae, Caulerpaprolifera, algofilter, hydrochemical indicators.

Reference

1. Rukovodstvo po himicheskomu analizu morskih i presnyh vod pri ecologicheskom monitoring rybohozyajstvennyh vodoemov i perspectivnyh dlya promysla rajonov mirovogo okeana. – M.: Izd-vo VNIRO, 2003. – 202 p.

2. **Sinitsyna Yu.V., Olyunina L.N., Polovkina E.O.** Photosyntez i dyhanie rastenij: Uchebno-metodicheskoe posobie. – Nizhnij Novgorod: Nizhegorodsky gosuniversitet, 2008. – 28 s.

3. **Natarajan M., Raja P., Marichamy G., Rajagopal S.** Effect of Temperature, Dissolved Oxygen Variation and Evaporation Rate in Marine Aquarium // Current Research Journal of Biological Sciences. – October 20, 2009. – № 1 (3). – P. 72–77.

4. **Janssen M.** Cultivation of microalgae: effect of light / dark cycles on biomass yield // Ponsen&Looijen BV, Wageningen, The Netherladns, 2002. – 184 p.

5. **Zhigin A.V., Dementjev D.V.** Iskusstvennaya morskaya rybovodnaya ecosystema s ochistkoj vody vodoroslyami // Agrarnaya nauka. – 2015. – № 5. – S. 28–30.

The material was received at the editorial office 22.06.2016.

Information about the authors

Zhigin Alexej Vasiljevich, doctor of agricultural sciences, associate professor, professor of the aquaculture and bee keeping chair RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, d. 49; tel. 8-905-773-83-68, e-mail: azhigin@gmail.com.

Dementjev Dmitry Victorovich, post graduate student of the aquaculture and bee keeping chair RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, d. 49; tel. 8-499-976-33-67, e-mail: azhigin@gmail.com.

ПЕРЕЧЕНЬ ТРЕБОВАНИЙ И УСЛОВИЙ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ

Общие требования

К изданию принимается ранее не опубликованное автором произведение – научная статья, практическая или обзорная статья, научная рецензия и отзыв в следующие **рубрики** журнала:

05.23.00 Строительство и архитектура;

06.01.00 Агрономия;

06.03.00 Лесное хозяйство;

06.04.00 Рыбное хозяйство.

Разделы журнала соответствуют **Номенклатуре специальностей научных работников,** утвержденной приказом Минобрнауки России от 25.02.2009 № 59 (в ред. Приказов Минобрнауки РФ от 11.08.2009 № 294, от 10.01.2012 № 5), и **Паспортам научных специальностей,** разработанных экспертными советами ВАК Минобрнауки России.

В редакцию журнала статья подается в **электронном виде** (файл формата Microsoft Word 97-2003). Текст статьи должен быть предварительно отредактирован автором или редактором, даты, формулы, имена и фамилии ученых, авторов литературных источников – выверены. Объем статьи не должен превышать 10–12 страниц. **Материал в статье следует излагать структурировано:**

- введение;

- материал и методы;

- результаты и обсуждение;

- выводы (заключение);

- библиографический список.

Журнал «Природообустройство» является **рецензируемым.** Все принятые статьи проходят процедуру обязательного рецензирования. Выбор рецензента осуществляет Редакционный совет. **Порядок рецензирования рукописей статей** размещен в сети Интернет по адресу http://www.timacad.ru/deyatel/izdat/priroda/index.php. Рецензии хранятся в редакции журнала в течение 5 лет.

Правила оформления

1. Статья должна представлять единый файл Microsoft Word 97-2003. Название файла – прописными буквами по фамилии первого автора.

2. Отступ справа, сверху и снизу – 2 см, слева – 2,5 см. Шрифт Times New Roman, по всей статье интервал – 1,5 пт, шрифт 14. Нумерация страниц – по нижнему краю посередине, первая страница не нумеруется.

3. Вверху страницы ставят номер универсальной десятичной классификации **(УДК):** выравнивание по левому краю, без абзацного отступа.

4. На следующей строке **инициалы и фамилии авторов:** шрифт полужирный, выравнивание по левому краю, без абзацного отступа.

5. Указывается **официальное название места работы, город, страна:** шрифт обычный, выравнивание по левому краю, без абзацного отступа.

6. **Название статьи** в прописном регистре, полужирный, выравнивание по левому краю, без абзацного отступа.

7. **Аннотация** статьи на русском и английском языках: абзацный отступ 1,0 см; шрифт курсивный; выравнивание по ширине; рекомендуемый объем 200…250 слов (не более 2000 символов); необходимо осветить цель исследования, методы, результаты (желательно с приведением количественных данных), четко сформулировать выводы; не допускаются разбиение на абзацы и использование вводных слов и оборотов.

8. **Ключевые слова** на русском и английском языках: абзацный отступ 1,0 см; шрифт курсивный; выравнивание по ширине; рекомендуемый объем от 5 до 10 слов или словосочетаний.

9. **Автоматизированный перевод с помощью программных систем запрещается.**

10. Основной текст статьи должен быть набран шрифтом обычного начертания, абзацный отступ 1,0 см, интервал: перед и после – 0 см.

11. Буквы латинского алфавита – курсивного начертания, буквы греческого и русского алфавитов, индексы и показатели степени, математические символы lim, lg, ln, sin, cos, min, max и др., числа подобия – прямого начертания.

12. Обратить внимание на различие знаков: дефис «-», минус «–» и тире «–». Диапазон любых значений (...), кроме периода лет (тире).

13. **Набор формул.** Использовать редактор формул Math Type 5.x либо Equation 3.0, шрифт Times New Roman, размер 11 пт, выравнивание по левому краю без абзацного отступа. Для удобства при верстке длина формулы не должна превышать 8 см. Нумеровать только те формулы, на которые есть ссылки в тексте. **Суммарное число формул – не более 10.** Экспликация к формулам набирается шрифтом Times New Roman, размер 14 пт, без абзацного отступа, выравнивание по ширине страницы.

14. **Таблицы и рисунки** помещать за первой ссылкой на них в тексте, после абзаца. Выравнивание таблиц и рисунков по центру. Все таблицы и рисунки должны иметь ссылки с указанием номера (если рисунок и таблица единственные, то номер не указывается).

15. Толщина основных линий в таблицах – 0,25 пт. **Число таблиц** – не более 2. Номер таблицы: шрифт 11 пт, обычный, выравнивание по правому краю, без абзацного отступа. Название таблицы: шрифт 11 пт, полужирный, выравнивание по центру, без абзацного отступа.

16. **Рисунки** выполнять на компьютере в виде отдельного файла: в растровых форматах TIFF, JPG; в векторных форматах CDR, DWG, EPS. Выполнение рисунка средствами Microsoft Word не допускается. Ширина рисунка – не более 8 см, обозначения на рисунке делать шрифтом Times New Roman (9 пт). Рисунки с большим количеством деталей (сложные схемы, графики) размещать на всю ширину страницы (16,5 см). Фотографии выполнять с разрешением не менее 600 dpi. Допускается выполнение графиков и диаграмм в Microsoft Word 97-2003 и StatSoft Statistica 6.0 (и выше). Общее число рисунков (включая буквенное обозначение ее части) – не более 4. Текст подрисуночной подписи набирается шрифтом 14 пт, начертание полужирное, 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: ФИО, ученая степень (звание), должность, контактный телефон, e-mail (шрифт курсивный, выравнивание по ширине страницы, без абзацного отступа, межстрочный интервал одинарный, ФИО выделяется полужирным курсивом).

Главные критерии при отборе материалов для публикации: соответствие рубрикам журнала, актуальность и уровень общественного интереса к рассматриваемой проблеме, новизна идей, научная и фактическая достоверность представленного материала, четкая формулировка предложенного и наличие выводов.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

При приеме статьи автор подписывает согласие на передачу Редакции периодического издания «Природообустройство» (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева) прав на издание и распространение статьи без ограничения срока, района распространения журнала и без выплаты вознаграждения.

Для авторов из сторонних организаций обязательно наличие квитанции об оплате годовой подписки на журнал (индекс в каталоге «Пресса России» – 80746).

Прием статей

По вопросам публикации статей обращаться по телефону: 8 (499) 976-36-67.

E-mail: prirodamgup@mail.ru

http://www.timacad.ru/deyatel/izdat/priroda/

ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО

4' 2016

Ответственный за выпуск – *Н.Я. Филатова*

Редактор – *В.И. Марковская*

Переводчик – *Н.М. Логачева*

Верстальщик – *А.С. Лаврова*

Подписано в печать 21.10.2016
Формат 60×84/8$^{1}/_{8}$
Шрифт SchoolBook
Усл.-печ. л. 14,5
Бумага офсетная
Печать цифровая
Тираж 750 экз.
Заказ № 542
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