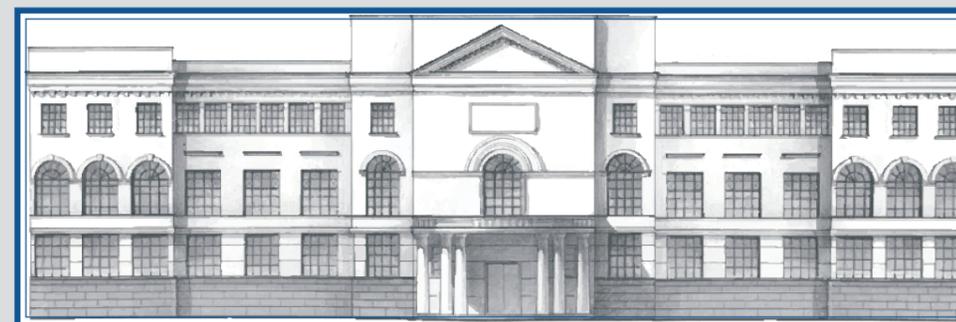


ISSN 1997-6011



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



ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО

Актуальные темы:

- ♦ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕСУРСА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В СРЕДНЕСРОЧНОЙ ПЕРСПЕКТИВЕ
- ♦ СТОЧНЫЕ ВОДЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ РЕСУРС ПОВЫШЕНИЯ ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ
- ♦ ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ СЕВЕРА ПРИМОРСКОГО КРАЯ

ISSN 1997-6011



9 771997 601778 >

5' 2016

ISSN 1997-6011

ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО

Научно-практический журнал

PRIRODOOBUSTROJSTVO

Theoretical-practical journal

5' 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

5' 2016

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

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

Рецензенты:

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

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

За достоверность информации
ответственность несут авторы.

ISSN 1997-6011

Редакционный совет:

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

А.И. Голованов, доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ – заместитель главного
научного редактора

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

В.А. Евграфов, доктор технических наук, профессор

В.Я. Жарницкий, доктор технических наук

И.Ю. Залысин, доктор политических наук, профессор

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

Н.П. Карпенко, доктор технических наук

И.П. Свинцов, академик РАН

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

Н.В. Ханов, доктор технических наук, профессор

В.В. Шабанов, доктор технических наук, профессор

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

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

Цена одного номера – 220 р.

Индекс журнала в Объединенном каталоге «Пресса России» – 80746

УДК 502/504
ББК 20.1

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

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

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

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

PRIRODOOBUSTROJSTVO

Theoretical-practical journal

5' 2016

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

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

Reviewers:

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

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

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

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

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

*V.N. Krasnoshchekov,
doctor of economics*

*A.M. Margolin,
doctor of economics*

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

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

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

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

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

The authors of are responsible
for validity of the information.

ISSN 1997-6011

Editorial council:

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

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

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

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

V.YA. Zhartnitsky, doctor of technical sciences

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

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

N.P. Karpenko, doctor of technical sciences

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

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

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

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

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

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

Price of one issue – 220 r.

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

**UDC 502/504
BBC 20.1**

© Russian Timiryazev State Agrarian University, 2016

Содержание

05.23.00 Строительство и архитектура

Жарницкий В.Я., Андреев Е.В., Баюк О.А.

Моделирование оценки остаточного эксплуатационного ресурса гидротехнических сооружений в среднесрочной перспективе 6

Клёпов В.И., Рагулина И.В.

Гидрологическое обоснование формирования искусственного попуска воды в бассейне реки Москвы..... 13

Ксенофонтова Т.К., Журавлева А.Г., Сюй Чуньцзян

Эффективность использования консольных и контрфорсных подпорных стен направляющих и причальных сооружений шлюзов на основе расхода материалов 19

Снежко В.Л., Гайсин А.А., Бенин Д.М.

Ресурсосберегающие водопропускные сооружения для оросительных каналов 26

Ханов Н.В., Бурлаченко А.В.

Гидравлические аспекты обеспечения надежной и безопасной работы трубчатых водопропускных сооружений из гофрированного металла 32

Анахаев К.Н.

Гидромеханический расчет воронки выброса при импульсном воздействии на поверхность грунта 40

Кременской В.И., Вердыш М.В.

Сточные воды как перспективный ресурс повышения водообеспеченности Республики Крым..... 72

06.01.00 Агрономия

Михеев П.А., Иванова Н.А.

Научное обоснование режимов орошения основных сельскохозяйственных культур современной дождевальной техникой в условиях Юга России 47

Максимов С.А.

Управление вертикальным гидрофизическим барьером при создании целевых искусственных почвенных конструкций 53

Бровченко М.И.

А.В. Чаянов о мелиорации и водном хозяйстве..... 61

Дедова Э.Б., Белопухов С.Л., Даваев А.В.

Продуктивность и качество сорго сахарного в смешанных посевах при орошении в условиях Калмыкии 67

Кушер А.М.

Гидрометрические лотки для оросительных каналов 78

Романев Н.А., Варывдин В.В., Безик Д.А.

Расчет напряженного состояния опоры норрии методом автоматизированного проектирования машин 86

Ерицян Г.С., Торосян М.С.

О расходе топлива автомобилями в зависимости от факторов горных условий эксплуатации 92

06.03.00 Лесное хозяйство

Тимерьянов А.Ш., Рахматуллин З.З.

Защитные лесные полосы на орошаемых землях Республики Башкортостан..... 96

Ковязин В.Ф., Хонг Хань До

Лесоводственно-дендрологические характеристики древесных растений в памятнике природы «Дудергофские высоты» 102

Мустафин Р.Ф., Рахматуллин З.З., Раянова А.Р.

Древесно-кустарниковая растительность при оценке устойчивости берегов рек..... 108

Денисов Н.И., Саранчук А.П., Сеница А.А.

Восстановление растительного покрова на техногенных ландшафтах севера Приморского края (отвалах бурогольных месторождений) 114

Contents

05.23.00 Building and architecture

Zharnitsky V.Ya., Andreev E.V., Bayuk O.A. Simulation of the assessment of the residual operational life of hydraulic structures in the medium time perspective.....	6
Klepov V.I., Ragulina I.V. Hydrological substantiation of formation of the artificial water flow in the Moscow river basin	13
Ksenofontova T.K., Zhuravleva A.G., Suythunzyan The efficiency of usage of cantilever and buttress retaining walls of guiding and berthing structures of locks on the basis of materials consumption	19
Snezhko V.L., Gaisin A.A., Benin D.M. Resource-saving culvert structures for irrigation channels	26
Khanov N.V., Burlachenko A.V. Hydraulic aspects of ensuring reliable and safe operation of tubular corrugated culverts.....	32
Anakhaev K.N. Hydromechanical calculation of the emission funnel at pulse impact on the soil surface.....	40

06.01.00 Agronomy

Mikheev P.A., Ivanova N.A. Scientific basis for irrigation regime of the main crops by modern irrigation technology in South of Russia	47
Maksimov S.A. Management of vertical hydro physical barrier when	53
Brovchenko M.I. A.V. Chayanov about land reclamation and water economy.....	61
Dedova E.B., Belopukhov S.L., Davaev A.V. Efficiency and quality of sorghum saccharatum in mixed crops under irrigation in the conditions of Kalmykia	67
Kremenskoj V.I., Verdysh M.V. waste water as a perspective resource of increasing water availability of the Republic of the Crimea	72
Kusher A.M. Flow-measuring flumes for irrigation canals	78
Romaneev N.A., Varyvdin V.V., Bezik D.A. Stress calculation of the noria support by the method of machines automated design.....	86
Yeritsyan G.S., Torosyan M.S. About consumption of fuel depending on the factors of mountain conditions of operation	92

06.03.00 Forestry

Timeryanov A.SH., Rakhmatullin Z.Z. Protective forest belts on irrigated lands of the republic of Bashkortostan	96
Kovyazin V.F., Hong Hanh Do Forestry and dendrological characteristics of woody plants in the natural monument «Duderhof heights»	102
Mustafin R.F., Rakhmatullin Z.Z., Rayanova A.R. Trees and shrubs in assessing the sustainability of rivers banks	108
Denisov N.I., Saranchuk A.P., Sinitza A.A. Revegetation of the plant cover on technogenic landscapes of the North of Primorie territory (dumps of brown-coal fields).....	114

05.23.00 Строительство и архитектура

УДК 502/504: 627.82.034.93

В.Я. ЖАРНИЦКИЙ, Е.В. АНДРЕЕВ

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

О.А. БАЮК

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕСУРСА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В СРЕДНЕСРОЧНОЙ ПЕРСПЕКТИВЕ

Разработка многофакторных моделей расчёта оценки остаточного ресурса гидротехнических сооружений позволяет обобщить практический опыт в области эксплуатации напорных грунтовых сооружений и научные исследования в области надёжности и безопасности гидротехнических объектов с тем, чтобы повысить срок их службы и эксплуатационную надёжность. В первую очередь возникает необходимость увязки теоретических положений физико-механических свойств и состояния грунтов с отдельными практическими характеристиками эксплуатационного состояния гидротехнического сооружения в конкретный период, в среднесрочной перспективе характеризующих долговечность и надёжность сооружения. При разработке модели оценки остаточного эксплуатационного ресурса важно учитывать не только нагрузки и воздействие как непосредственные механические усилия на сооружение, но и воздействие факторов, не оказывающих прямого влияния на прочностные характеристики сооружения, однако опосредованно, через изменение физико-механических свойств грунтов, способных оказывать существенное влияние на механическое поведение гидротехнического сооружения в целом.

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

Введение. Планомерное совершенствование методов оценки эксплуатационной надёжности и безопасности гидротехнических сооружений – одно из основных направлений повышения их эффективной и безопасной эксплуатации. Совершенная комплексная методика наблюдения и контроля эксплуатационного состояния заменяет устаревшие дорогостоящие и трудоёмкие методы контроля за отдельными критериями (показателями) объекта.

Важнейшими характеристиками любого сооружения являются характеристики надёжности конструкций и возможность их долговечной и безопасной эксплуатации. Такие критерии меняются в зависимости

от технической и экономической ситуации и развития современных средств производства и контроля за состоянием сооружений.

В настоящее время в условиях дефицита финансовых ресурсов необходимо рассматривать такой показатель, как полезный срок эксплуатации сооружения. Однако принятие решения о внедрении тех или иных технологий учёта остаточного ресурса гидротехнических сооружений не всегда принимается только на анализе качественных характеристик свойств грунтов сооружения. В условиях развития научно-технической базы и методов обследования гидротехнических сооружений необходимо закладывать в формирование конечного результата но-

вые количественные и качественные характеристики, оценивающие эксплуатационное состояние гидротехнического сооружения.

В первую очередь возникает необходимость увязки теоретических положений физико-механических свойств и состояния грунтов с отдельными практическими характеристиками эксплуатационного состояния гидротехнического сооружения в конкретный период и в среднесрочной перспективе характеризующих долговечность и надёжность сооружения.

Разработка многофакторных моделей расчёта оценки остаточного ресурса гидротехнических сооружений позволит обобщить практический опыт в области эксплуатации напорных грунтовых сооружений и научные исследования в области надёжности и безопасности гидротехнических объектов с тем, чтобы повысить практическую пользу, получаемую за счет увеличения срока службы гидротехнических сооружений и высокой их эксплуатационной надёжности.

Материалы и методы исследований.

В зависимости от методов устранения отказов на гидротехнических сооружениях последние можно подразделить на два вида:

- конструктивные части или отдельные технические и механические элементы гидротехнических сооружений, которые подлежат восстановлению после отказа путём их ремонта или полной замены; примерами восстанавливаемых частей гидротехнического сооружения могут служить плиты облицовки верхнего бьефа, гидрозатворы, гидроагрегаты и др.;

- конструктивные части или сооружение в целом, не подлежащее восстановлению в результате аварии.

Необходимость разработки и внедрения перспективных методов оценки эксплуатационной надёжности обусловлена тем, что в период эксплуатации гидротехнического сооружения аварийные ситуации и отказ техники наступают внезапно для бесхозных сооружений, т.е. несут случайный характер. Применение многофакторных моделей оценки эксплуатационной надёжности позволит исключить фактор внезапности для бесхозных гидротехнических сооружений, выстраивая алгоритм изменения физико-механических свойств грунтов в сооружении под влиянием внешних факторов.

Целью применения многофакторных моделей расчёта эксплуатационной надёжности является исключение отдельных яв-

лений, происходящих в грунтовом массиве без увязки причинно-следственной связи, обусловленных большим количеством факторов, оказывающих влияние на эти явления, сосредоточение на использовании массива данных (показателей, критериев), способных изменяться в зависимости от условий эксплуатации гидротехнического сооружения.

Рассмотрим три периода эксплуатации гидротехнического сооружения.

Период приработки и первичной эксплуатации. В данный период эксплуатации происходит наибольшее количество отказов и аварий на гидротехнических сооружениях. Аварии происходят на тех гидротехнических сооружениях, в конструктивных частях которых была допущена ошибка при проектировании или строительстве.

Нормальная работа гидротехнического сооружения. Это наиболее продолжительный период эксплуатации сооружения. Приработка основных частей сооружения завершена, в то же время износ основных частей невелик и никак не проявляются, отказы носят случайный характер и происходят относительно редко. Главная задача собственников (эксплуатирующих организаций) гидротехнических сооружений заключается в том, чтобы свести к минимуму количество отказов. Как правило, на данном этапе без влияния внешних факторов можно считать распределение отказов экспоненциальным.

Старение гидротехнического сооружения. Даже при выполнении всех требований при проектировании и строительстве гидротехнических сооружений без надлежащего ухода и эксплуатации наступает период износа основных частей тела плотины, в результате чего отказы могут происходить всё чаще, приводя сооружение в аварийное состояние.

Основным количественным показателем, характеризующим работу гидротехнического сооружения, является коэффициент эксплуатационной надёжности, или вероятность нормальной работы за определённый период.

Другим количественным показателем, характеризующим степень остаточного ресурса, служит интенсивность отказов, или вероятность исправной работы. Он характеризует количество отказавших элементов сооружения в единицу времени по отношению к основным частям, продолжающим оставаться исправными к началу рассма-

триваемого промежутка времени, т.е. это доля невозстановливаемых частей (элементов) гидротехнического сооружения, отказывающих в единицу времени. Если умножить эту величину на интервал времени (долговечность), то получим вероятность отказа, или долю элементов, отказавших ранее назначенного срока службы [1].

Количественный показатель – среднее время наработки, или время между отказами, – представляет собой полную продолжительность работы группы элементов (частей) гидротехнического сооружения, разделённое на полное число отказов. При экспоненциальном распределении времени среднее время между отказами обратно пропорционально интенсивности отказов [1].

Для организации, занимающейся эксплуатацией гидротехнического сооружения, важное значение имеет средний интервал между отказами, так как он помогает выявить потенциальную интенсивность отказов, что важно при планировании затрат на последующий период эксплуатации.

В отличие от технических показателей количественные характеристики надёжности (коэффициент надёжности и т.п.) имеют ряд особенностей. Во-первых, они не стабильны, а динамичны. Коэффициент надёжности есть функция времени: чем длительнее время эксплуатации гидротехнического сооружения, тем ниже вероятность безотказной работы (учитывая отсутствие эксплуатирующей организации). Во-вторых, определение количественных показателей надёжности требует времени и значительных материальных и трудовых затрат, так как эти показатели определяются методами эксплуатационных или стендовых испытаний. В-третьих, расчёт показателей требует специальной математической подготовленности специалистов по надёжности сооружений, т.е. сгруппировать, определить закон распределения случайных величин, которому подчиняются отказы исследуемого сооружения, и только тогда приступать к определению показателей надёжности [1].

Источниками вероятных отклонений проектных параметров гидротехнического сооружения и показателей внешней среды, из которой исходят внешние нагрузки и воздействия, могут являться:

- неоднородность свойств грунтов гидротехнического сооружения даже при полном соблюдении всех норм, регламентиру-

ющих конкретные количественные и качественные характеристики;

- ошибки при проектировании, строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений;

- стохастический характер «систем» природных процессов, возникающих с разной интенсивностью и степенью влияния на сооружение (землетрясения, стихийные бедствия).

Вообще влияние воздействия окружающей среды на сооружение требует особого подхода применительно к формированию метода оценки остаточного ресурса сооружений, т.к. именно внешние факторы зачастую служат источником критического воздействия на сооружение. Изменение напряжённо-деформированного состояния гидротехнических сооружений, износ основных частей тела плотины, изменение физико-механических свойств грунтов и комплекс других кратковременных и длительных нагрузок, оказываемых на гидротехнические сооружения, требуют учёта и ранжирования по степени важности в контексте критического восприятия нагрузок.

Как правило, учёт внешних воздействий ведётся при расчётах, связанных с оценкой остаточного ресурса (надёжности), так как влияние этих факторов может приводить к изменению геометрических, прочностных и других характеристик сооружения. Зачастую под внешними факторами может пониматься механическое воздействие, и в этом случае можно говорить не о влиянии воздействия, а о восприятии нагрузки, приложенной к гидротехническому сооружению в целом или к конкретной его части. При разработке модели оценки остаточного эксплуатационного ресурса важно учитывать не только нагрузки и воздействия как непосредственное механическое воздействие, но и воздействия, не оказывающие прямого влияния на прочностные характеристики сооружения. Например, агрессивная среда водоёма непосредственно не вызывает механического воздействия, но опосредованно, через изменение физико-механических свойств грунтов, может оказывать существенное влияние на механическое поведение гидротехнического сооружения в целом.

Факторы, не поддающиеся контролю, необходимо разделить на две группы:

- случайные факторы, распределение которых подпадает нормальному закону;

- неопределённые факторы, границы и области которых заранее известны (например, распределение коэффициента уплотнения грунта в заданной области гидротехнического сооружения, когда распределение его может быть случайным, но понятны значения, при которых произойдёт разуплотнение или разрушение гидротехнического сооружения).

Результаты исследований. В работе [2] для тех случаев, когда не хватает исходных данных, чтобы оценить функции и параметры распределения вероятностей случайной величины надёжности, предлагается использовать классы плотностей неопределённых величин в зависимости от степени информированности.

Рассматриваются случайные величины:

- с дисперсией, ограниченной значением – этот случай приводит к рассмотрению Гауссова распределения с плотностью

$$f(\varepsilon) = (2\pi\nu^2)^{-\frac{1}{2}} \exp(-0,5\varepsilon^2/\nu); \quad (1)$$

- со средней величиной дисперсии σ_0 – этому случаю соответствует распределение Лапласа с плотностью

$$f(\varepsilon) = (2\lambda)^{-1} \exp\left(-\frac{|\varepsilon|}{\lambda}\right), \lambda = \sigma_0(2/\pi)^{\frac{1}{2}}; \quad (2)$$

- расположенные в интервале от $-b$ до $+b$ – этому случаю соответствует распределение Хубера

$$f(\varepsilon) = (1/b) \cos^2(0,5\pi\varepsilon/b) \quad (3)$$

и др.

Все эти плотности связаны с осторожным подходом, поскольку обеспечивают наибольший объём эллипсоида рассеивания результатов. Для случайных факторов важным понятием, используемым при вероятностных обоснованиях, является обеспеченность случайной величины, под которой понимается вероятность непревышения случайной реализацией этой величины опасного повышенного значения. Этим определением полностью исчерпывается формальная сторона вопроса, но имеются определённые особенности интерпретации, связанные с физическим смыслом рассматриваемых случайных величин. Если природа случайности связана с неопределённостью разовой реализации свойств в случайном ряду однотипных образцов грунта, как, например, происходит при рассмотре-

нии случайных величин, характеризующих физико-механические свойства грунтов, то обеспеченность связывается с той или иной долей уверенности в том, что свойства грунта будут приемлемыми для дальнейшей эксплуатации гидротехнического сооружения. Если же рассматриваются случайные процессы, протекающие в теле плотины в целом или в окружающей её среде (внешние воздействия, влажность грунта, интенсивность фильтрации и т.д.), то следует помнить, что речь идёт о вероятности возникновения некоторой ситуации в течение времени, и с обусловленностью связывается определённый срок, который фиксируется с некоторой долей уверенности [3]. Проводя аналогию с надёжностью гидротехнического сооружения, можно говорить о первом типе случайностей в первые 2-3 года эксплуатации. О втором типе случайностей можно вести речь при рассмотрении аварии на гидротехническом сооружении через длительный период – например, из-за отсутствия собственника.

Если рассматривать критические значения случайных природных факторов (ветровые и снеговые нагрузки, температурные и сейсмические воздействия), то их критические границы нарушаются в среднем один раз в T_c лет. Поэтому вероятность воздействия на гидротехническое сооружение за один произвольно взятый период (год) со средним сроком повторяемости T_c лет составит $1/T_c$, а вероятность того, что такое влияние нагрузок F_c на сооружение, не возникнет вообще за весь период эксплуатации T лет, может быть представлена в виде

$$P = (1 - 1/T_c)^T. \quad (4)$$

Если принять случайные годовые максимумы статически независимыми, такая вероятность будет невысока даже при значительных T_c (табл.) [4]. Тогда вероятность того, что за 50 лет эксплуатации гидротехнического сооружения фактическое сейсмическое воздействие превысит максимальное годовое значение, встречается в среднем один раз в 50 лет, достаточно велика и равна 0,64. Но надёжность гидротехнического сооружения, способного воспринимать такую нагрузку, строго равную значению F_c , может оказаться вполне достаточной для разрушения или нанесения непоправимого ущерба, так как само значение F_c достаточно велико.

**Годовые максимумы сейсмических воздействий
на гидротехнические сооружения**

Период повторяемости нагрузки на гидротехническое сооружение $F_c(T_c, \text{лет})$	10	30	50	100	200	500	1000
Вероятность непревышения критического значения F_c за срок $T = 50$ лет	0,005	0,13	0,36	0,61	0,78	0,90	0,95

Опыт нормативной литературы зарубежных стран показывает, что ведётся постоянный учёт периодов повторяемости природных катастроф. Так, рекомендации Японского института архитектуры [4], в основе которых лежит период повторяемости природных воздействий в 100 лет, дают следующие значения коэффициентов перехода R к другому периоду повторяемости T_c :

- для снеговой нагрузки $R = 0,40 + 0,13 \ln(T_c)$;
- для ветровой нагрузки $R = 0,54 + 0,10 \ln(T_c)$;
- для сейсмического воздействия $R = (T_c/100)^{0,54}$.

Такая методика выглядит вполне адекватно.

С вероятностными соображениями связана и значительная неопределённость в самой трактовке термина «предельное состояние». Если для обобщения рассматривать лишь требование надёжности, то достижение предельного состояния определяется равенством [3]:

$$S_q(Q) = S_r(R), \quad (5)$$

где Q – обобщённое воздействие на гидротехническое сооружение; R – обобщённая надёжность (граничные возможности восприятия нагрузки гидротехническим сооружением); S_q и S_r – функции, с помощью которых нагрузка и остаточная надёжность представляются в сопоставимой форме (например, в виде внутренних напряжений в теле плотины и расчётного сопротивления сдвиговым усилиям).

Поскольку левая и правая части равенства (5) являются случайными величинами, то имеется бесчисленное множество пар, реализующих это определение предельного состояния, и в пространстве параметров (рис. 1) прямая (5) образует границу между допустимыми ($S_q < S_r$) и недопустимыми ($S_q > S_r$) областями. Поскольку попасть в допустимую область и обеспечить выполнение условия $S_f < S_r$ можно лишь с некоторой вероятностью, то очевидна необходимость привлечения вероятностных соображений для анализа ситуации [5].

С другой стороны, действующие нормативные документы используют детерми-

нистические понятия расчётных значений надёжности R_p и нагрузки Q_p и в общем определяют предел восприятия нагрузок гидротехнического сооружения как [5]:

$$S_q(Q_p) = S_r(R_p). \quad (6)$$

Такому условию отвечает единственная точка N (рис. 2), а допустимость определяется как одновременное выполнение условий:

$$S_q(Q) \leq S_q(Q_p); S_r(R) \geq S_r(R_p). \quad (7)$$

Вероятности реализации данных неравенства $S_q < S_r$ и условий (7) совершенно различны, а сама возможность их записи может привести к недоразумениям [8].

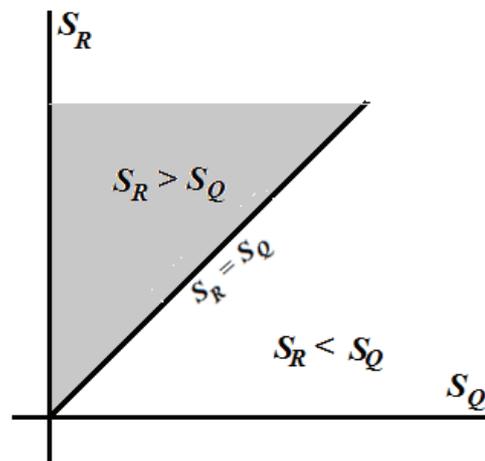


Рис. 1. Пространство состояний и допустимая область

Вероятностные предпосылки должны учитываться как при оценке рисков, связанных с авариями и разрушениями гидротехнических сооружений или их отдельных частей, так и при решении других вопросов безопасности, которые должны являться этапом проектирования, особенно для критических объектов гражданской инфраструктуры.

Вместе с тем само понятие риска описывается далеко не однозначно, начиная бытовым определением риска как попыт-

кой предпринять что-либо наудачу, без верного расчёта, и заканчивая определением риска как вероятности появления опасного события. Более 20 понятий «риск» проанализировано в работе [5]. Следует чётко различать ставшую уже классической меру объективной возможности наступления нежелательного события – вероятность и меру его опасности, входящую в понятие риска [6].

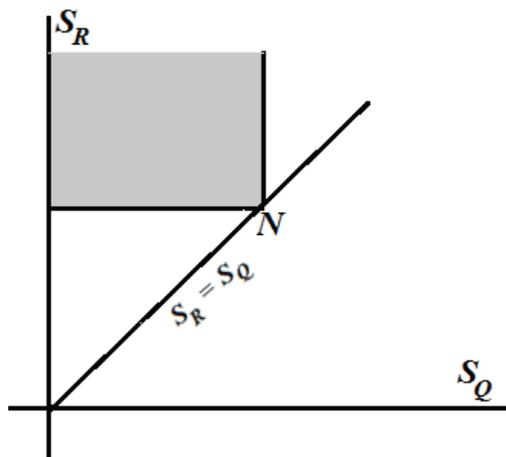


Рис. 2. Допустимая область по нормам

Выводы

Риск объединяет в себе как оценку вероятности (P) потенциально опасного события, так и оценку последствий, фактически произошедших после разрушения гидротехнического сооружения (монетарные убытки, человеческие жертвы и т.д.) [7]. Можно привести пример, когда вероятность происхождения события велика (вероятность перелива через гребень плотины), а ущерб минимален, так как либо высота сооружения не превышает 3...5 м, либо объём запруды таков, что даже мгновенное его опорожнение не приведёт к значительным последствиям, поэтому риск здесь оценивается как очень маленький, практически нулевой. Второй пример – когда потенциальный ущерб максимален, но вероятность происхождения события очень невысока: в частности, на плотинах первого класса (ввиду постоянного контроля и наличия службы эксплуатации на сооружении) опять риск оценивается как незначительный, очень малый. И лишь тогда, когда потенциальная опасность, как и вероятность происхождения какого-либо события, оценивается конкретными конечными величинами, образовавшаяся ситуация оценивается степенью риска.

Библиографический список

1. **Перельмутер А.В.** Избранные проблемы надёжности и безопасности строительных конструкций: Научное издание. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2007. – 256 с.
2. **Murgewski J.** Reliability: State-of-Art // IX International Conference on Metal Structures. Final Report – Krakow, Poland, 1996. P. 99-112.
3. AIJ Recommendations for Loads on Building / Architectural Institute of Japan. Tokyo: Shiba, 1996. 32 p.
4. **Huber P.J.** Robust estimation of a location parameter, Ann. Mathematical Statistics, 1964. Vol. 35. P. 73-101.
5. **Жарницкий В.Я., Андреев Е.В.** Грунтовые плотины, как объект динамической системы // Природообустройство. – 2016. – № 1. – С. 16-22.
6. **Жарницкий В.Я., Андреев Е.В.** Мониторинг надёжности и безопасности низконапорных грунтовых плотин. – М.: ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016. – 181 с.
7. **Зотова Л.В.** Критерии эффективной долговечности и надёжности техники. – М.: «Экономика», 1973. – 103 с.

Материал поступил в редакцию 28.06.2016 г.

Сведения об авторах

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

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

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

V.YA. ZHARNITSKY, E.V. ANDREEV

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

O.A. BAYUK

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

SIMULATION OF THE ASSESSMENT OF THE RESIDUAL OPERATIONAL LIFE OF HYDRAULIC STRUCTURES IN THE MEDIUM TIME PERSPECTIVE

Development of multiple-factor models of the assessment calculation of the residual life of hydraulic engineering constructions allows to generalize a practical experience in the area of operation of pressure head soil constructions and scientific research in the field of reliability and safety of hydraulic objects to increase their life time and operational reliability. First of all there arises the necessity of coordination of theoretical provisions of physical-mechanical properties and soils conditions with certain practical characteristics of the operational state of a hydraulic engineering structure during a concrete period of time which in the medium-term perspective characterize durability and reliability of the structure. When developing an assessment model of the residual operational life it is important to consider not only loadings and influences as direct mechanical efforts on the structure but the influence of impacts which do not directly influence strength characteristics of the structure, however indirectly, through changes of physical-mechanical properties of soils which are able to significantly affect on the mechanical behavior of the hydraulic engineering structure in whole.

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

References

1. **Pereljmuter A.V.** Izbrannye problem nadezhnosti i bezopasnosti stroitelnyh constructij: Nauchnoye izdanie. – M.: Izd-vo Asotsiatsii stroitelnyh vuzov, 2007. – 256 s.
2. **Murgewski J.** Reliability: State-of-Art // IX International Conference on Metal Structures. Final Report – Krakow, Poland, 1996. P. 99-112.
3. AIJ Recommendations for Loads on Building / Architectural Institute of Japan. Tokyo: Shiba, 1996. 32 p.
4. **Huber P.J.** Robust estimation of a location parameter, Ann. Mathematical Statistics, 1964. Vol. 35. P. 73-101.
5. **Zharnitsky V. Ya., Andreev E.V.** Gruntovye plotiny, kak object dynamicheskoy sistemy // Prirodooobustrojstvo. – 2016. – № 1. – S. 16-22.
6. **Zharnitsky V. Ya., Andreev E.V.** Monitoring nadezhnosti i bezopasnosti nizkonapornyh gruntovyh plotin. – M.: FGBOU VORGAU-MSHA im. K.A. Timiryazeva, 2016. – 181 s.
7. **Zotova L.V.** Kriterii effektivnoj dolgovечnosti i nadezhnosti tehnik. – M.: «Ekonomika», 1973. – 103 s.

Information about the authors

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

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

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

The material was received at the editorial office on 28.06.2016.

УДК 502/504:551.48: 626.81:627.81

В.И. КЛЁПОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева», Институт природообустройства им. А.Н. Костякова, г. Москва

И.В. РАГУЛИНА

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

ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ПОПУСКА ВОДЫ В БАССЕЙНЕ РЕКИ МОСКВЫ

Речной сток, который служит основным поставщиком пресной воды для различных отраслей хозяйства России, распределен неравномерно как по территории суши, так и внутри годового цикла. Внутригодовая неравномерность стока устраняется, как известно, его регулированием с помощью водохранилищ. Пространственная неравномерность может быть выровнена, в частности, объединением отдельных водохранилищ в водно-ресурсные системы (ВРС). Существенное сглаживание пространственной и временной неравномерности в распределении речного стока позволяет увеличить отдачу естественных водотоков. Следовательно, регулирование речного стока с помощью водохранилищ позволяет в значительной степени повысить водообеспеченность территории. Одной из таких речных систем в России является ВРС Московского региона. Эта система создана и функционирует уже в течение нескольких десятилетий с целью водообеспечения региона, предотвращения возможности его подтопления при катастрофически высоких половодьях и паводках, санитарного обводнения рек в маловодные периоды, обеспечения судоходных глубин и выработки электроэнергии. Особенностью ВРС Московского региона в отличие от многих других сложных систем водохранилищ как в России, так и за ее пределами, следует считать то, что с помощью этой системы одновременно решаются две противоположные задачи регулирования речного стока: первая – повышение минимального расхода воды до установленного уровня; вторая – уменьшение максимальных половодных и паводочных расходов воды. Предметом статьи является гидрологическое обоснование к моделированию формирования в весенний период искусственного расхода воды в нижнем бьефе водохранилищ, расположенных в бассейне реки Москвы, и оценка степени надежности создания такого искусственного половодья.

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

Введение. Водно-ресурсные системы (ВРС) Московского региона могут быть условно разделены на три части (подсистемы), каждая из которых функционирует в соответствии со своими, специально разработанными правилами управления. К их числу относятся Верхневолжская, Москворецкая и Вазузская подсистемы водохранилищ. Высокий уровень надежности гарантированной водоотдачи водохранилищ водообеспечения Московского региона (95-97% по числу бесперебойных лет) обуславливает необходимость предвидеть возможные последствия срыва этой отдачи, поскольку такие последствия могут быть весьма значительными. Очевидно, что в крайне маловодных условиях, когда теоретически должен наступить предполагаемый «срыв» отдачи, т.е. её сокращение, и, как следствие, ущерб

в одной из известных форм или их сочетаний, уменьшение по сравнению с гарантированной величиной, негативная нагрузка на природу и человека существенно возрастут, если сравнивать их с обычными благоприятными условиями. Поскольку водообеспечение Московского региона может быть подразделено на такие составляющие, как питьевое, коммунально-бытовое, промышленное и обводнительное водообеспечение, можно предположить, что в условиях недостатка воды все эти составляющие будут подвержены сокращению потребляемых водных ресурсов. Сокращение водных ресурсов для каждой составляющей будет иметь разную степень.

Москворецкая водная система (МВС). В подсистему входят Истринское, Можайское, Рузское и Озернинское водо-

хранилища, расположенные в верхнем течении р. Москвы и ее притоках. Водохранилищами подсистемы практически полностью зарегулирован сток верхней части водосбора. Управление водными ресурсами подсистемы МВС построено так, что из водохранилищ производятся попуски воды в размерах, дополняющих до величины гарантированного расхода сток боковой приточности на участке от этих водохранилищ до створа Рублевского гидроузла (водозабор в г. Москву). Каждое из четырех водохранилищ подсистемы ведет компенсированное регулирование контролируемого им стока.

Таким образом, в результате гидротехнического строительства водный режим верхнего участка р. Москвы до створа Рублевского гидроузла (площадь водосбора – 7300 км²) определяется работой четырех водохранилищ, из которых одно расположено непосредственно на р. Москве – Можайское – с полезным объемом воды 0,22 км³, а остальные – на ее притоках: Истринское на р. Истра – 0,17 км³, Рузское на р. Руза – 0,22 км³, Озернинское на р. Озерна – 0,14 км³. Эти водохранилища изменили распределение речного стока по сезонам года, и отчасти – между смежными годами. В пределах городской черты расположены плотина Рублевской водопроводной станции, а также Карамышевский и Перервинский гидроуз-

лы на р. Москве. В нижнем течении р. Москвы на участке длиной около 150 км от Бесединского моста вплоть до устья возведено 5 гидроузлов транспортного назначения. С помощью этих гидроузлов (Трудкоммуна, Андреевка, Софьино, Фаустово и Северка), построенных в конце XIX в., поддерживаются необходимые судоходные глубины во время речной навигации на р. Москве. Схема Москворецкой водной системы представлена на рисунке 1.

Известно, что половодный сток реки – самый действенный механизм природного самоочищения русла. В этот период речной поток характеризуется большими скоростями и выходит из берегов, вызывая смыв донных отложений и распределение их на пойме. С постройкой в верховьях р. Москвы четырех водохранилищ, аккумулирующих большую часть весеннего стока, пики половодий уменьшились и по высоте, и по продолжительности. Таким образом, повышение гарантированной водоотдачи водохранилищ привело к срезке максимальных расходов воды в весенний период. Следовательно, регулирование режима расходов, уровней и скоростей по всей длине р. Москвы привело, как и можно было ожидать, к снижению самоочищающей способности реки и образованию благоприятных условий для накопления загрязненных донных отложений.



Рис. 1. Схема Москворецкой водной системы

Методы исследований. При обосновании надёжности функционирования водно-ресурсной системы, предназначенной для водообеспечения крупного региона, кроме наиболее изученных экономических показателей возможного ущерба, у водопользователей при недостатке воды могут быть выделены и другие виды ущерба: например, социальный, моральный и экологический (природоохранный) [1]. Наиболее отчётливо проблема надёжности водообеспечения Московского региона проявляется сейчас в отношении обводнительных попусков [2]. Отсутствие нормативов надёжности для этого вида водопользования приводит к тому, что эти попуски являются замыкающими элементами водного баланса водоема.

Сущность исследования, отражённого в статье, состоит в том, чтобы в период прохождения по реке пика естественного весеннего половодья наложить на него искусственную волну сбросов воды из водохранилищ с расчетом обеспечения в течение некоторого времени расхода воды, большего, чем $700 \text{ м}^3/\text{с}$. Как отмечается [3], только при таких значениях расхода воды можно полностью открыть Карамышевскую и Перервинскую плотины в г. Москве и не опустить уровень воды в районе городских промышленных водозаборов до критических отметок, при которых возникает угроза нарушения работы водозаборов и остановки производственных объектов. По мнению авторов, обеспечить такой расход воды можно только в многоводные годы, когда приток воды в водохранилища МВС значительно превышает количество воды, необходимое для их наполнения до проектного уровня.

Хорошо известно, что гидрометеорологические условия для каждого конкретного года складываются под воздействием большого числа различных факторов. Основные из них – значительные запасы воды в снеге и почве перед началом половодья и дружное таяние снега. Следовательно, принятие решения о гидравлической промывке основывается прежде всего на основе долгосрочного прогноза притока воды к водохранилищам и объема естественного весеннего стока.

Весной 1998 г. [3] сложилась благоприятная обстановка для проведения санитарной гидравлической промывки (предыдущая была реализована в 1982 г.) русла р. Москвы. Поэтому было принято решение об использовании последней для улучшения экологического состояния р. Москвы.

Для этой цели 20-24 апреля был организован пропуск весеннего половодья с полным раскрытием Рублевской, Карамышевской и Перервинской плотин. Водопропускные отверстия нижнемоскворецких воднотранспортных гидроузлов были полностью открыты до начала навигации. Промывка проводилась МГУП «Мосводоканал» и ГП «Канал им. Москвы» при взаимодействии с Гидрометцентром РФ и рядом заинтересованных организаций.

Как показывает практика, искусственная промывка русла реки Москвы является очень ответственным делом. Неслучайно авторы и ее организаторы провели эксперимент в естественных условиях с использованием ограниченного расхода воды в течение только 2-3 дней. Соответственно и результат такой промывки оказался не совсем значимым. Для более наглядной картины рассматриваемого процесса следует, по-видимому, значительно расширить эксперимент как по величине диапазона расхода воды, так и по продолжительности его проведения. Кроме того, увеличение гарантированной водоотдачи из водохранилищ (а увеличенные попуски воды следует считать повышением гарантированной водоотдачи) может существенно повлиять на расчетную обеспеченность такой повышенной водоотдачи из москворецких водохранилищ. Это и есть те сложности в управлении, о которых пишут авторы искусственной промывки, выполненной в естественных условиях в бассейне реки Москвы [3].

Результаты исследований и их обсуждение. Хорошо известно, что расчетная обеспеченность гарантированной водоотдачи четырех водохранилищ Москворецкой водной системы составляет $29\text{-}32 \text{ м}^3/\text{с}$ [4] для расчетной обеспеченности $95\text{-}97\%$ (по числу бесперебойных лет). Поэтому при изменении величины гарантированной водоотдачи в результате эксперимента, бесспорно, будет нарушена и расчетная обеспеченность такой водоотдачи. Следовательно, представляется очень важным исследовать и проанализировать весь диапазон возможных значений соотношения величины и расчетной обеспеченности гарантированной водоотдачи водохранилищ Москворецкой водной системы при проведении эксперимента по искусственной промывке русла р. Москвы.

В статье представлены результаты имитационного эксперимента, направленного на определение соотношения величин

ны гарантированной водоотдачи из водохранилищ Москворецкой водной системы, выявления дефицита гарантированной водоотдачи с увеличением значений промывочного попуска и различной длительности такого попуска. Были рассмотрены значения промывочного попуска в диапазоне от 600 до 1000 м³/с в течение соответственно одной декады, двух декад и трех декад апреля. Для анализа был выбран год 95%-ной обеспеченности, который соответствует водохозяйственному году 1920/21 г. из многолетней выборки гидрологических данных в бассейне р. Москвы. Этот год по своим гидрологическим показателям близок к году, в котором проводился эксперимент в натуральных условиях.

В качестве исходной гидрологической информации рассмотрены притоки воды к Можайскому водохранилищу в створе Можайского гидроузла, к Истринскому водохранилищу в створе Истринского гидроузла, к Рузскому водохранилищу в створе Рузского гидроузла, к Озернинскому водохранилищу в створе Озернинского гидроузла, боковой приток от перечисленных водохранилищ до створа Рублевского гидроузла на р. Москве. Естественный режим рассматриваемых рек изменен в результате хозяйственной деятельности человека, и прежде всего – вследствие регулирования стока водохранилищами. В связи с этим, начиная с момента ввода в эксплуатацию водохранилищ, он был ретрансформирован, т.е. приведен к естественным условиям. В настоящей работе использованы материалы ретрансформации стока по методике Гидропроекта.

Общий – вид уравнения водного баланса при решении задачи формирования искусственного попуска представлен таким образом:

$$B = W_m \pm \Delta V_m + W_{ис} \pm \Delta V_{ис} + W_p \pm \Delta V_p + W_{оз} \pm \Delta V_{оз} + W_б,$$

где W_m – приток воды к Можайскому водохранилищу; $W_{ис}$ – приток воды к Истринскому водохранилищу; W_p – приток воды к Рузскому водохранилищу; $W_{оз}$ – приток воды к Озернинскому водохранилищу; $W_б$ – боковой приток к Рублевскому водозабору; ΔV_m – изменение объема воды в Можайском водохранилище; $\Delta V_{ис}$ – изменение объема воды в Истринском водохранилище; ΔV_p – изменение объема воды в Рузском водохранилище; $\Delta V_{оз}$ – изменение объема воды в Озернинском водохранилище; B – результирующая составляющая (избыток или дефицит водных ресурсов).

Знак (+) в уравнении соответствует сработке водохранилища, знак (–) – наполнению водохранилища.

Результаты водного баланса фиксируют величину дефицита гарантированной водоотдачи системы водохранилищ D или резерв воды $W_{рез}$.

При $B \geq 0$ резерв водных ресурсов равен балансу $W_{рез} = B$, а дефицит гарантированной водоотдачи – $D = 0$. При $B < 0$ резерв водных ресурсов равен нулю $W_{рез} = 0$, а дефицит гарантированной водоотдачи – $D = -B$.

В таблице 1 представлены результаты имитационного эксперимента по определению зависимости дефицита гарантированной водоотдачи МВС при разной величине промывочного расхода воды в створе Рублевского гидроузла на р. Москве и переменном числе декад, при которых происходит такая подача воды.

Таблица 1

Зависимость дефицита гарантированной водоотдачи МВС при разном расходе искусственного попуска и переменном числе декад

Год 1920/21 Апрель	Дефицит гарантированной водоотдачи, млн м ³ , при значении искусственного попуска воды, м ³ /с				
	600	700	800	900	1000
1 декада	0	0	0	0	295
2 декады	220	470	565	825	915
3 декады	715	990	1235	1580	1750

Как следует из таблицы, суммарный дефицит гарантированной водоотдачи водохранилищ МВС при формировании искусственного попуска воды существенно отличается в зависимости от длительности временного интервала и при разном расходе искусственного попуска. Для всех значений

такого искусственного попуска, сформированного в течение двух и трех декад апреля, при расходе воды от 600 м³/с до 1000 м³/с имеет место дефицит гарантированной водоотдачи. Этот дефицит монотонно возрастает с увеличением значения расхода воды для искусственной промывки.

Минимальный дефицит гарантированной водоотдачи наблюдается для одной декады апреля и при расходе воды в течение этой декады, равном $1000 \text{ м}^3/\text{с}$, составляет 295 млн м^3 . Следовательно, подавая в створ Рублевского водозабора расход воды в количестве от $600 \text{ м}^3/\text{с}$ до $900 \text{ м}^3/\text{с}$ в течение одной декады апреля маловодного 1920/21 водохозяйственного года, можно не опасаться нарушения действующих правил управления ВРС в бассейне р. Москвы. Во всех остальных случаях дефицит гарантированной водоотдачи будет монотонно возрастать.

Выводы

1. Результаты исследования, представленные в статье, направлены на решение важной народнохозяйственной проблемы: повышение качества управления водными ресурсами сложных систем водохранилищ в условиях неопределенности исходной гидрологической информации. Полученные в процессе работы оценки гидрологического обоснования соотношения величины и обеспеченности гарантированной водоотдачи предназначены для совершенствования правил управления режимом работы. Результаты работы могут быть использованы в проектных разработках и лицами, ответственными за принятие решения (ЛПР).

2. Как показала практика, гидравлическая промывка русла р. Москвы, выполненная в естественных условиях, оказала определенное благотворное влияние на санитарно-экологическое состояние водотока. Прежде всего это касается верховьев реки, и отчасти – городского бьефа. Эффективность данного мероприятия могла быть и выше, но из-за сложностей в управлении искусственной промывкой при относительно невысоком расходе воды ($700 \text{ м}^3/\text{с}$) ее характер не отвечал в полной мере оптимальным условиям. Следует отметить, что комплексный подход к научному обоснованию такой промывки в конечном счете позволил обеспечить ее безаварийное проведение, не допустить возникновения чрезвычайных ситуаций, получить объективную характеристику экологического состояния реки.

3. В статье представлены результаты имитационного эксперимента, направленного на определение соотношения величины гарантированной водоотдачи из водохранилищ Москворецкой водной системы, выявление дефицита гарантированной водоотдачи для различных значений промывочного

попуска и различной длительности такого попуска. Рассмотрены значения искусственного попуска воды в диапазоне от $600 \text{ м}^3/\text{с}$ до $1000 \text{ м}^3/\text{с}$ в течение соответственно одной декады, двух декад и трех декад апреля. Получены значения дефицита гарантированной водоотдачи четырех водохранилищ Москворецкой водной системы.

4. Формирование и проведение искусственной промывки русла р. Москвы – по своей сути оперативный способ управления качеством воды, обладающий сегодня наибольшей доступностью. Поэтому при благоприятных гидрометеорологических условиях его будут повторять с использованием – всех современных средств, включающих в себя компьютерное моделирование, позволяющее оптимизировать условия ее осуществления.

Библиографический список

1. Клёпов В.И., Рагулина И.В. Обводнительные попуски в Московском регионе как элемент водохозяйственного баланса территории // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2015. – № 2. – С. 11-16.
2. Исмаилов Г.Х., Клёпов В.И. Разработка методики определения рациональных объемов обводнительных попусков в Московском регионе // Природообустройство. – 2014. – № 5. – С. 70-75.
3. Колесников Ю.М., Храменков С.В., Волков В.З., Медведев Л.И. Промывка русла р. Москвы и ее воздействие на экологическую обстановку // Водные ресурсы. – 2000. – Т. 27. № 4. – С. 449-456.
4. Основные положения правил использования водных ресурсов водохранилищ Москворецкой водной системы. – М.: Минводхоз, 1968. – 58 с.

Материал поступил в редакцию 08.06.2016 г.

Сведения об авторах

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

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

V.I. KLEPOV

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

I.V. RAGULINA

Regional state budget educational institution of additional vocational education «Kurskiy institute of education development», Kursk

HYDROLOGICAL SUBSTANTIATION OF FORMATION OF THE ARTIFICIAL WATER FLOW IN THE MOSCOW RIVER BASIN

River flow which is the main supplier of fresh water for various sectors of the economy of Russia is unevenly distributed on the land area and within the annual cycle. The intra-annual flow unevenness is eliminated as it is well known by its regulation by reservoirs. Spatial irregularity can be leveled, in particular, by uniting separate reservoirs into water resource systems (VRS). Significant smoothing of spatial and temporal uneven distribution of river flow allows increasing returns of natural watercourses. Therefore regulation of river flow by means of reservoirs allows significantly increasing water supply to the territory. One of such river systems in Russia is VRS in the Moscow region. This system has been established and functioned for several decades with the aim of water supply to the region, prevention from flooding during catastrophic high water and floods, sanitary watering of rivers in dry periods, provision of navigable depths and power generation. A special feature of VRS in the Moscow region differing from many other complex systems of reservoirs both in Russia and abroad is the fact that using this system it is possible to solve simultaneously two opposite tasks of the river flow regulation: the first one is increasing of the minimum water consumption up to the established level; the second one is decreasing of the maximum high water and flood consumptions of water. The subject of the article is hydrological substantiation of formation simulation in the spring time of an artificial water flow downstream the reservoirs in the basin of the Moscow region and assessment of the reliability degree of establishing such artificial floods.

River runoff, water flows, reservoir, system of reservoirs, water supply.

References

1. **Klepov V.I., Ragulina I.V.** Obvodnitelnyye popuski v Moskovskom regione kak element vodohozyaistvennogo balansa territorii // Ispolzovanie i ohrana prirodnyh resursov v Rossi. – 2015. – № 2. – S. 11-16.

2. **Ismaylov G.H., Klepov V.I.** Razrabotka metodiki opredeleniya ratsionalnykh ob'emov obvodnitelnykh popuskov v Moscovskom regione // Prirodoobustroistvo. 2014. – № 5. – S. 70-75.

3. **Kolesnikov Yu. M., Hramenkov S.V., Volkov V.Z., Medvedev L.I.** Promyvka rusla r. Moskvy i ee vozdejstvie na ekologicheskuyu obstanovku // Vodnye resursy. – 2000. – T. 27. № 4. – S. 449-456.

4. Osnovnye polozheniya pravil ispolzovaniya vodnyh resursov vodohranilishch Mosk-

voretsoj vodnoj sistemy. – M.: Minvodhoz, 1968. – 58 s.

The material was received at the editorial office on 08.06.2016.

Information about the authors

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

Ragulina Irina Vasiljevna, senior lecturer of the chair of natural-mathematical education RSBEI AVE «Kurskiy institute of education development», 305004; Kurskaya region, Kursk, ul. Sadovaya, d. 31; e-mail: irinkin@mail.ru

УДК 502/504: 626.4

Т.К. КСЕНОФОНТОВА, А.Г. ЖУРАВЛЕВА, СЮЙ ЧУНЫЦЗЯН

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

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНСОЛЬНЫХ И КОНТРФОРСНЫХ ПОДПОРНЫХ СТЕН НАПРАВЛЯЮЩИХ И ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ШЛЮЗОВ НА ОСНОВЕ РАСХОДА МАТЕРИАЛОВ

При проектировании размеры шлюзов и расположенных рядом с ними направляющих и причальных сооружений должны приниматься такими, чтобы обеспечивалась их долговечность. Целью исследований стало определение области эффективного использования консольных и контрфорсных подпорных стен в качестве направляющих и причальных сооружений судоходных шлюзов. В качестве методов исследований принято выполнение расчетов подпорных стен с использованием программного комплекса «ЛИРА-САПР 2014» при различных видах грунтового основания и обратной засыпки. Для выполнения дополнительных расчетов использовалась программа «ЭСПРИ». При определении эффективности подпорных стен рассматривались направляющие сооружения в целом, так как они имеют сложную форму в плане, а для причальных сооружений расчеты выполнялись для секции длиной 20 м. В результате расчетов получено, что расход и стоимость материалов, бетона и арматуры были наименьшими при использовании консольных стен высотой до 3,7...4 м, при большей высоте расход и стоимость материалов были меньшими у контрфорсных подпорных стен. С увеличением их высоты разность только увеличивается: при $H = 6$ м она составляет для направляющих сооружений 1,14 млн руб., для причальных сооружений – 0,36 млн руб.; при $H = 8$ м для направляющих сооружений – 2,63 млн руб., для причальных сооружений – 0,78 млн руб.; при $H = 10$ м – соответственно 8,0 млн руб. и 2,25 млн руб. На основе проведенных исследований были сделаны следующие выводы: при высоте напорной грани подпорных стен до 3,7...4,0 м в качестве направляющих и причальных сооружений шлюзов рекомендуется использовать консольные подпорные стены, так как они при этих параметрах являются более эффективными. При большей высоте эффективными являются контрфорсные подпорные стены.

Судоходные шлюзы, направляющие и причальные сооружения, метод конечных элементов, внутренние усилия, жесткость сечений, трещиностойкость сечений, расход бетона, расход арматуры.

Введение. В гидротехническом строительстве при проектировании водных магистралей часто предусматриваются судоходные шлюзы, призванные обеспечить пропуск судов в местах перепада уровней воды в реках и каналах. Шлюзы со стороны верхней и нижней головы имеют направляющие и причальные сооружения, которые могут быть сделаны из уголкового подпорных стен, в частности, из консольных и контрфорсных стен, выполненных из железобетона. Эти сооружения имеют достаточно большую протяженность и высоту, поэтому вопрос выбора наиболее экономичной их конструкции имеет большое значение. При эксплуатации шлюзов и их сооружений должна быть обеспечена необходимая долговечность. Для этого в расчетах требовалось, чтобы элементы подпорных стен направляющих и причальных сооружений имели такую толщи-

ну, при которой в процессе эксплуатации и строительства в них не образовывались трещины. Одним из показателей экономичности сооружений является показатель расхода материалов. Ввиду этого целью исследований было выяснение оптимальных областей использования конструкций консольных и контрфорсных подпорных стен при наименьшем расходе бетона и арматуры с учетом обеспечения их долговечности.

Материалы и методы исследований. В расчетах были рассмотрены подпорные стены из монолитного железобетона направляющих и причальных сооружений для пропуска судов длиной от 80 до 120 м и шириной от 10 до 15 м. Был принят класс бетона – В25, класс арматуры – А500. Высота подпорных стен варьировалась от 6 до 10 м. Направляющее сооружение в плане на участке, примыкающем к шлюзу, было очерчено

по окружности до пересечения по дну с подходным каналом, далее располагался прямолинейный участок, пересекающийся с откосом (рис. 1). Траектория причального сооружения соответствовала прямой.

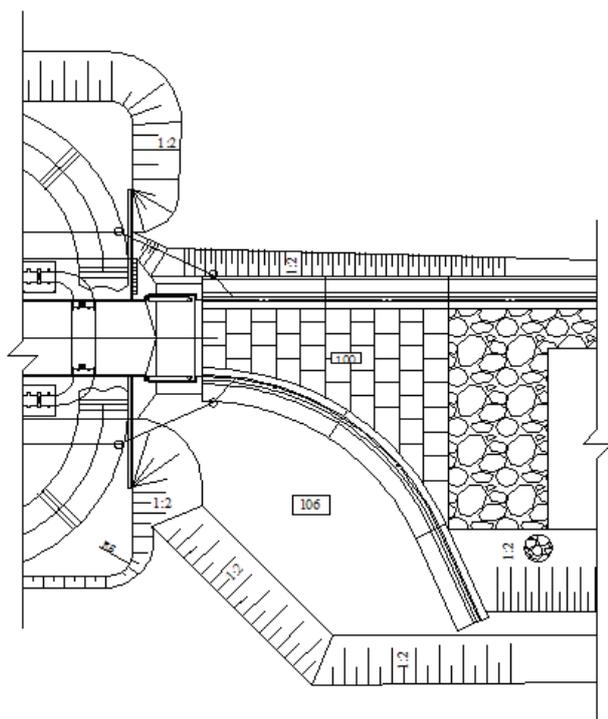


Рис. 1. Направляющее и причальное сооружения шлюза в плане

По длине сооружения были разбиты деформационными швами: направляющее сооружение – на три секции с длиной участков в криволинейной части примерно 25 м; при-

чальное сооружение имело длину секций, равную 20 м. Предварительные размеры поперечных сечений подпорных стен принимались в соответствии с рекомендациями [1, 2].

Расчет подпорных стен выполнялся методом конечных элементов с использованием программного комплекса «ЛИРА-САПР 2014». При моделировании использовались преимущественно квадратные конечные элементы с размерами 0,5 x 0,5 м оболочечного типа (рис. 2). При моделировании контрфорсов использовались также треугольные конечные элементы.

Сравнение эффективности использования консольных и контрфорсных подпорных стен для направляющих и причальных сооружений шлюзов проводилось на примере грунтового основания и обратной засыпки, сложенной супесью. В качестве модели грунтового основания использовалась модель П.Л. Пастернака с двумя коэффициентами постели, реализованная в ПК «ЛИРА-САПР 2014».

В расчетной модели грунтового основания учитывалось влияние на работу подпорных стен расположенной рядом с ними секции судоходного шлюза, как показано на рисунке 3. Там же квадратами с цифрами приведено расположение условных скважин, по которым в ПК «ЛИРА-САПР 2014» формировались параметры модели грунтового основания. Моделирование трения фундаментной плиты по грунту выполнялось с помощью одноузловых конечных элементов № 56.

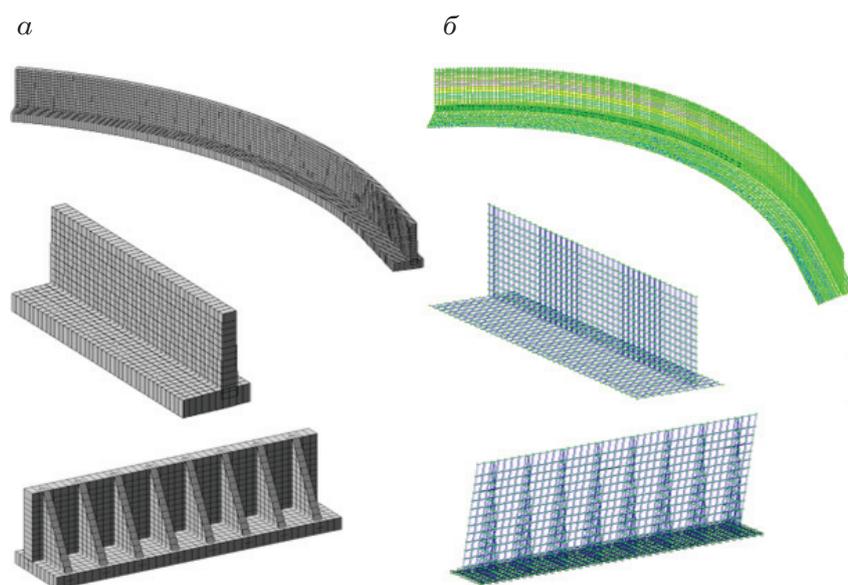


Рис. 2. Расчетные модели консольных и контрфорсных подпорных стен направляющих и причальных сооружений шлюзов:

- а – полнотелые конечно-элементные модели;
- б – конечно-элементные модели, использованные в расчете

Нагрузками на подпорные стены являлись собственный вес стены, вертикальное и боковое давление грунта, гидростатическое и взвешивающее давление воды, нагрузка от навала судов. Боковое давление грунта и нагрузка от навала судов определялись по [5].

При расчетах рассматривались 4 случая работы.

1 случай – когда со стороны лицевой и тыловой граней подпорной стены гидростатическое давление воды в подходном

канале и гидростатическое давление грунтовых вод соответствуют нормальному подпорному уровню (НПУ);

2 случай – когда уровень воды находится на максимальной отметке;

3 случай – когда уровень воды находится на отметке минимального возможного уровня;

4 случай – строительный, когда в подходном канале нет воды и нет грунтовой воды со стороны тыловой грани подпорной стены.

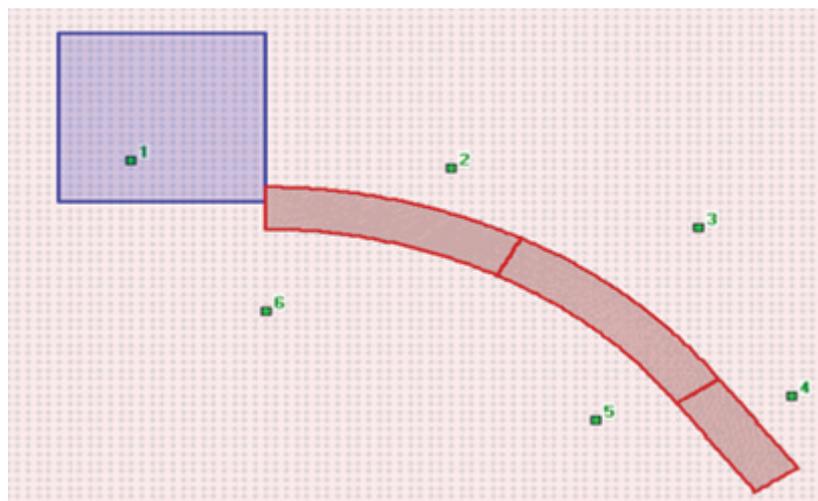


Рис. 3. К моделированию грунтового основания под фундаментной плитой подпорных стен

На основе исходных данных в ПК «ЛИРА-САПР 2014» были выполнены статические расчеты, в результате которых были получены внутренние усилия в подпорных стенах. Далее по максимальным внутренним усилиям проверялась трещиностойкость сооружений в опасных сечениях в соответствии с [4] по условию:

$$M \leq M_{cre}, \quad (1)$$

где M – изгибающий момент в опасном сечении; M_{cre} – момент трещиностойкости этого сечения.

Моменты трещиностойкости M_{cre} вычислялись в соответствии с [5]. В таблице 1 приведены их значения без учета арматуры при различной толщине плиты.

Таблица 1

Моменты трещиностойкости M_{cre}

Толщина плиты, см	50	100	150	200	250	300
$M_{cre},$ кН·м/м	83,95	335,83	755,62	1343,33	2098,95	3022,50

Необходимая для обеспечения условия трещиностойкости (1) толщина плиты подпорной стены определялась интерполяцией с помощью полинома Лагранжа по программе «ЭСПРИ», как показано на рисунке 4 на примере определения толщины вертикальной плиты консольной подпорной стены причального сооружения. В поле

«Значение функции» вводились данные таблицы 1 – толщины плиты и соответствующие им моменты трещиностойкости. В поле «Искомые значения функции» в строке X вводилась величина наибольшего (наименьшего) момента по модулю. Значение толщины плиты появлялось в этом же поле в строке F .

При найденных размерах проверялась устойчивость подпорных стен на сдвиг и опрокидывание в соответствии с [3] по условию

$$\gamma_{lc} F \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} R, \quad (2)$$

где F и R – расчетные значения обобщенных сдвигающих сил и сил предельного сопротивления или моментов сил, стремящихся сдвинуть (повернуть) и удержать систему «Сооружение-основание»; γ_{lc} – коэффициент сочетания нагрузок; γ_c – коэффициент условий работы; γ_n – коэффициент надежности по степени ответственности сооружения.

После уточнения размеров вновь повторялся статический расчет подпорных

стен, и на основе уточненных внутренних усилий по ПК «ЛИРА-САПР 2014» определялось их необходимое армирование.

Результаты исследований и их обсуждение. В таблице 2 приведено сравнение стоимости материалов, бетона и арматуры, необходимых для строительства подпорных стен направляющих и причальных сооружений с учетом обеспечения их трещиностойкости. В расчете учитывался расход материалов для направляющих сооружений на всю их длину ввиду их сложного очертания в плане, а для причальных сооружений – для секции длиной 20 м.

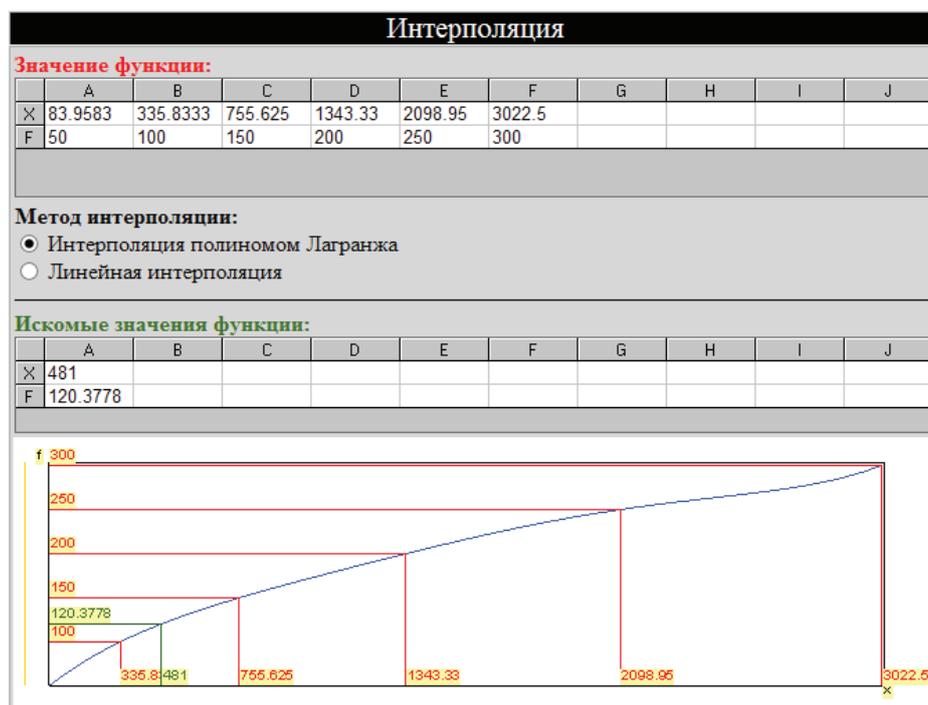


Рис. 4. Определение необходимой толщины вертикальной плиты консольной подпорной стены причального сооружения с высотой напорной грани 6 м при грунтах основания и обратной засыпки из супеси

Таблица 2

Стоимость вариантов подпорных стен направляющих и причальных сооружений на основе расхода материалов

Тип подпорной стены	Высота подпорной стены, м	Стоимость варианта секции направляющего сооружения, руб.	Стоимость варианта секции причального сооружения, руб.
Консольная подпорная стена	6	7020663,4	2228775,7
	8	13038540,8	3891971,9
	10	24908276,6	7016191,2
Контрфорсная подпорная стена	6	5881148,6	1867250,4
	8	10408246,7	3115837,6
	10	16909070,3	4762966,7

Как следует из приведенной таблицы, при высоте подпорных стен 6...10 м более экономичными являются контрфорсные подпорные стены. При этом с увеличением их высоты разность в расходе материалов увеличивается. Для определения областей эффективного использования каждой из конструкций консольных и контрфорсных стен с помощью программы «ЭС ПРИ» были найдены значения высот, при которых разность в расходе материалов была равна нулю. Из рисунков 5 и 6 следует, что при

высоте подпорных стен направляющих сооружений менее 4,0 м более эффективными являются конструкции консольных подпорных стен, а при высоте больше 4,0 м более эффективными являются конструкции контрфорсных подпорных стен. Аналогично для причальных сооружений: при высоте менее 3,7 м более эффективными являются конструкции консольных подпорных стен, а при высоте больше 3,7 м более эффективными являются конструкции контрфорсных подпорных стен.

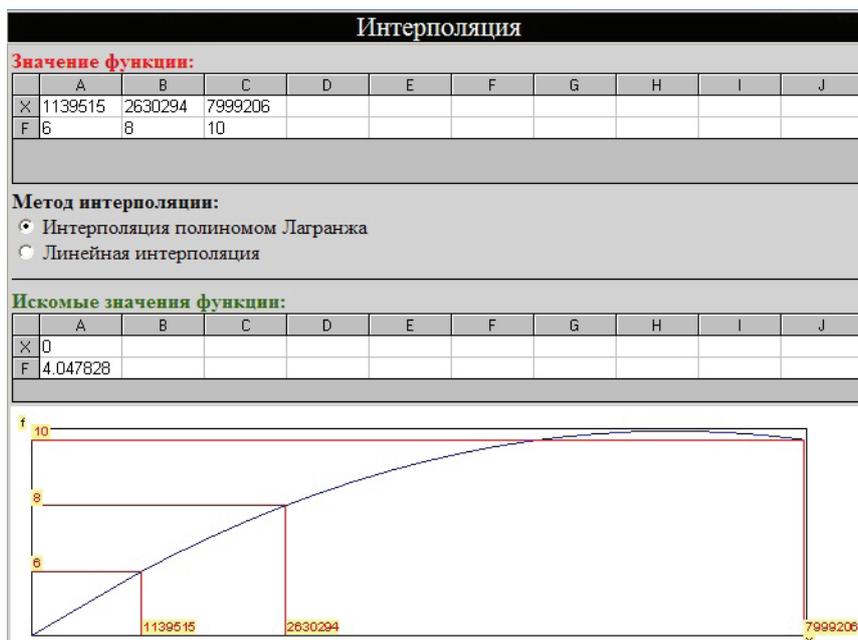


Рис. 5. Определение границы эффективного использования конструкций консольных и контрфорсных подпорных стен направляющих сооружений

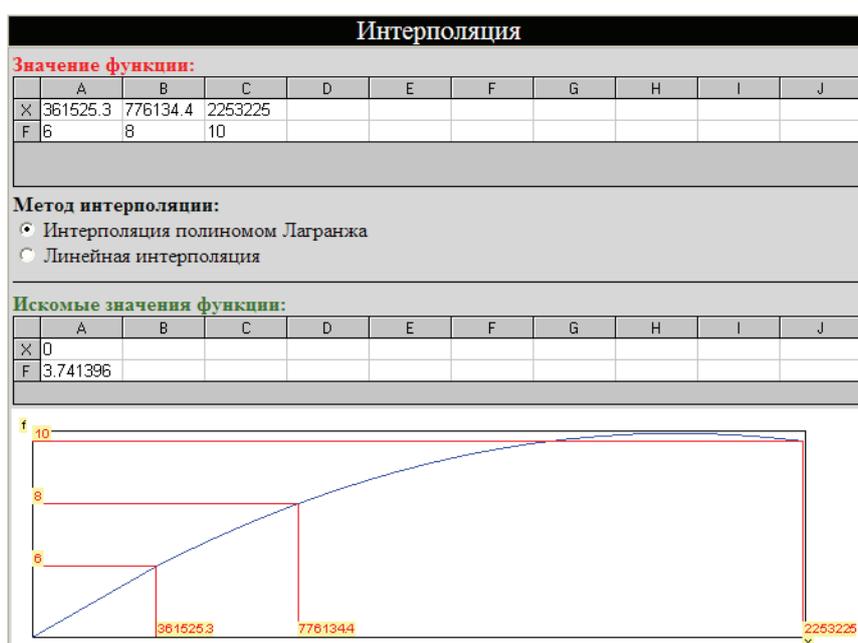


Рис. 6. Определение границы эффективного использования конструкций консольных и контрфорсных подпорных стен причальных сооружений

Выводы

1. Для обеспечения долговечности подпорных стен направляющих и причальных сооружений необходимо назначать размеры их поперечных сечений так, чтобы в них при эксплуатации и строительстве не образовались трещины.

2. Как показали расчеты, для направляющих и причальных сооружений шлюзов более эффективными по стоимости материалов являются при высоте менее 3,7...4,0 консольные подпорные стены. При большей высоте более экономичными конструкциями являются контрфорсные подпорные стены.

Библиографический список

1. Ксенофонтова Т.К., Нью Фудун. Железобетонные подпорные стены, выбор расстояния между контрфорсами // Сб. материалов Международной научно-практической конференции «Проблемы развития мелиорации и водного хозяйства и пути их решения. Ч. III: Безопасность гидротехнических сооружений. – М.: МГУП, 2011. – С. 106-111.

2. Ксенофонтова Т.К., Чумичева М.М. Железобетонные подпорные стены: Учебное пособие. – М.: МГУП, 2010. – 153 с.

3. СП 23.13330. 2011. Основания гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85*. Введен в действие 20.05.2011 г. / <http://docs.cntd.ru/document/1200084539>. Дата обращения – 26.10.2016 г.

4. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положе-

ния. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. Пересмотр СП 63.13330.2011 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Введен в действие 1.01.2013 г. (<http://docs.cntd.ru/document/1200095246>. Дата обращения – 26.10.2016.

5. СП 101.13330.2012. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.07-87. Введен в действие 1.01.2013 г. (<http://docs.cntd.ru/document/1200095534>. Дата обращения – 26.10.2016 г.)

Материал поступил в редакцию 08.08.2016 г.

Сведения об авторах

Ксенофонтова Татьяна Кирилловна (KsenofontovaTatyana), кандидат технических наук, профессор, доцент, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Б. Академическая, д.44; тел.: +79168564851; e-mail: Ksentanya@yandex.ru

Журавлева Анна Геннадьевна (ZhuravlevaAnna), кандидат технических наук, профессор, доцент, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Б. Академическая, д.44; тел.: +79169460766; e-mail: annagg@mail.ru

Суй Чуныцзян (SuyThunzyan), магистр, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Б. Академическая, д.44; тел.: +79672345343; e-mail: 991521777@qq.com

T.K. KSENOFONTOVA, A.G. ZHURAVLEVA, SUY THUNZYAN

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

THE EFFICIENCY OF USAGE OF CANTILEVER AND BUTTRESS RETAINING WALLS OF GUIDING AND BERTHING STRUCTURES OF LOCKS ON THE BASIS OF MATERIALS CONSUMPTION

When designing, dimensions of locks and located next to them guiding and berthing structures should be taken as ones which could provide their durability. The aim of research was determination of the area of efficient usage of cantilever and buttress walls as guiding and berthing structures of ship locks. As methods of investigations, calculations of retaining walls were fulfilled using a software complex «LIRA-SAPR2014» for different kinds of soil foundation and backfill. When determining the effectiveness of retain walls there were considered guiding structures in whole as they have a complex form in the plan, and for mooring structures calculations were fulfilled for a section of the 20 m length. As a result of calculations it was found that consumption and cost of materials, concrete and armature were the smallest when using cantilever retaining walls. With the growth of the height the difference only increases: at $H = 6$ m it is 1.14 mln rbls for guiding facilities, for mooring structures – 0.36 mln rbls; at $H = 8$ m for guiding facilities – 2,63 mln rbls, for mooring structures – 0.78 mln rbls; at $H = 10$

m – correspondingly 8.0 mln rbls and 2.25 mln rbls. Based on the conducted investigations the following conclusions were drawn: at the height of the upstream side of retaining stands of 3.7...4.0 m as guiding and mooring structures it is recommended to use cantilever retaining walls as they are more effective under these parameters. At a bigger height buttress retaining walls are more effective.

Ship locks, guiding and berthing facilities, finite element method, internal forces, stiffness of cross-sections, fracture resistance, consumption of concrete, consumption of armature.

Reference

1. **Ksenofontova T.K., Nyu Fudun.** Zhelezobetonnye podpornye steny, vybor rassoyaniya mezhdru contrforsami // Sb. Materialov Mezhdunarodnoj nauchno-practicheskoy konferentsii «Problemy razvotiya melioratsii i vodnogo hozyaistva i puti ih resheniya. Ch. III: Bezopasnostj gydrotehnicheskikh sooruzhenij. – M.: MGUP, 2011. – S. 106-111.

2. **Ksenofontova T.K., Chumucheva M.M.** Zhelezobetonnye podpornye steny: Uchebnoye posobie. – M.: MGUP, 2010. – 153 s.

3. SP 23.13330. 2011. Osnovaniya gydrotehnicheskikh sooruzhenij. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.02.02-85*. Vveden v dejstvie 20.05.2011 r. / <http://docs.cntd.ru/document/1200084539>. Data obrashcheniya – 26.10.2016 r.

4. SP 63.13330.2012. Betonnye i zhelezobetonnye konstruksii. Osnovnye polozheniya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 52-01-2003. Peresmotr SP 63.13330.2011 «SNIp 52-01-2003 Betonnye i zhelezobetonnye konstruksii. Osnovnye polozheniya. Vveden v dejstvie 1.01.2013 g. (<http://docs.cntd.ru/document/1200095246>). Data obrashcheniya – 26.10.2016.

5. SP 101.13330.2012. Podpornye steny, sudohodnye shlyuzy, rybopropusknye i rybozashchitnye sooruzheniya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.06.07-87. Vveden v dejstvie 1.01.2013 g. (<http://docs.cntd.ru/document/1200095534>). Data obrashcheniya – 26.10.2016 g.)

The material was received at the editorial office
08.08.2016

Information about the authors

Ksenofontova Tatyana Kirillovna, candidate of technical sciences, professor, associate professor, FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. B. Academicheskaya, d. 44; tel.: +79168564851; e-mail: Ksentanya@yandex.ru

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

Suy Thunzyan, master, FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. B. Academicheskaya, d. 44; tel.: +79672345343; e-mail: 991521777@qq.com

УДК 502/504:628.824:626.823.92

В.Л. СНЕЖКО, А.А. ГАЙСИН, Д.М. БЕНИН

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

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ВОДОПРОПУСКНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

В статье приведены особенности конструкции автоматических регуляторов расхода с диффузором на концевом участке, имеющим высокую степень расширения. Исследования работы сооружений включали в себя несколько этапов: теоретическое определение гидравлических параметров новых сооружений и их регуливающей способности, экспериментальное изучение работы физических моделей регуляторов в гидравлической лаборатории и численное моделирование течения в CFD-пакете STAR-CCM+. Даны пределы регулирования пропускной способности и допустимые перепады глубин. Расчеты пропускной способности регуляторов расхода выполнены для канала в земляном русле с шириной по дну 2,5 м, коэффициентом заложения откосов 1:1,5, с максимальной пропускной способностью 2,6 м³/с. При резком снижении водопотребления ниже створа перегораживающего сооружения рассматриваемый регулятор способен снизить свою пропускную способность до величины, составляющей 35% от расхода канала. Предложенные сооружения могут быть получены при реконструкции типовых трубчатых водовыпусков.

Гидротехнические сооружения, водовыпуски, ресурсосбережение, автоматизация, пропускная способность, диффузор.

Введение. Важным фактором, способствующим росту энергоэффективности экономики России, является снижение водоемкости валового продукта, рассчитываемой в кубометрах воды, затраченных на 1 тыс. руб. произведенной валовой продукции. По данным Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации, из водных источников в 2015 г. было забрано 68,6 млрд м³ воды, что на 14% ниже значений 2005 г. Объем оборотной и последовательно используемой воды в 2015 г. составил 138,8 млрд м³, что больше аналогичного показателя 2005 г. всего на 3%. Общий объем свежей воды, используемой для нужд сельского хозяйства, промышленности и хозяйственно-питьевого водоснабжения, за последние 10 лет снизился на 11% и в 2015 г. составил 54,6 млрд м³ [8]. Благодаря внедрению водосберегающих технологий использование свежей воды в промышленном производстве сократилось на 14%, в орошении и сельскохозяйственном водоснабжении – на 16%, в жилищно-коммунальном хозяйстве – на 33%.

В настоящее время водоемкость внутреннего валового продукта Российской Федерации значительно выше, чем в Германии, Франции, США или Канаде. Государственная программа «Воспроизводство и использование природных ресурсов»,

утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 г. № 322, представляет водоемкость в качестве одного из целевых показателей в области использования природных ресурсов. Эффективное использование водноресурсного потенциала страны невозможно без снижения водоемкости и непроизводительных потерь водных ресурсов в любой из отраслей экономики. Основные потери воды, как правило, возникают при ее транспортировке. Ежегодно на долю жилищно-коммунального и сельского хозяйства приходится порядка 90% от общего объема потерь воды из-за недостаточного технического оснащения и значительного износа водопроводящих сетей, мелиоративных систем и гидротехнических сооружений на них. Экономия затрат на электроэнергию, затрачиваемую на доставку воды конечному потребителю, может составить порядка 20 млрд руб. в год [2].

Мелиоративный комплекс является одним из наиболее значимых потребителей воды в сельскохозяйственном производстве. Так, в 2015 г. для орошения 3,3 млн га земель объем водозабора составил 7,2 км³ [7]. Из общего количества забираемой в источниках орошения воды до 50% теряется в оросительных каналах. Федеральной целевой программой «Развитие мелиорации земель

сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы» предусмотрен рост водосбережения до 20% за счет повышения коэффициента полезного действия гидромелиоративных систем [3].

Реконструкция и техническое перевооружение гидротехнических сооружений оросительных систем являются важной составной частью внедрения водосберегающих технологий. Решению этой актуальной задачи посвящены разработки новой научной школы, сформированной в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. В число направлений исследований входило создание принципиально новых конструкций автоматических регуляторов расхода для наиболее массовых линейных сооруже-

ний – трубчатых водовыпусков, устанавливаемых в местах пересечения открытых каналов или на головных участках каналов, примыкающих к малым водохранилищам. Регулирующие сооружения обеспечивают автоматическое соответствие объема водоподдачи объему водопотребления с допустимой погрешностью.

Материал и методы исследований. В основу функционирования сооружений положен новый способ изменения пропускной способности напорного водовода – гидродинамическое регулирование [5]. Регуляторы могут быть получены при реконструкции трубчатых водовыпусков путем дооборудования выходного участка диффузором, расширяющимся в трех плоскостях (рис. 1).

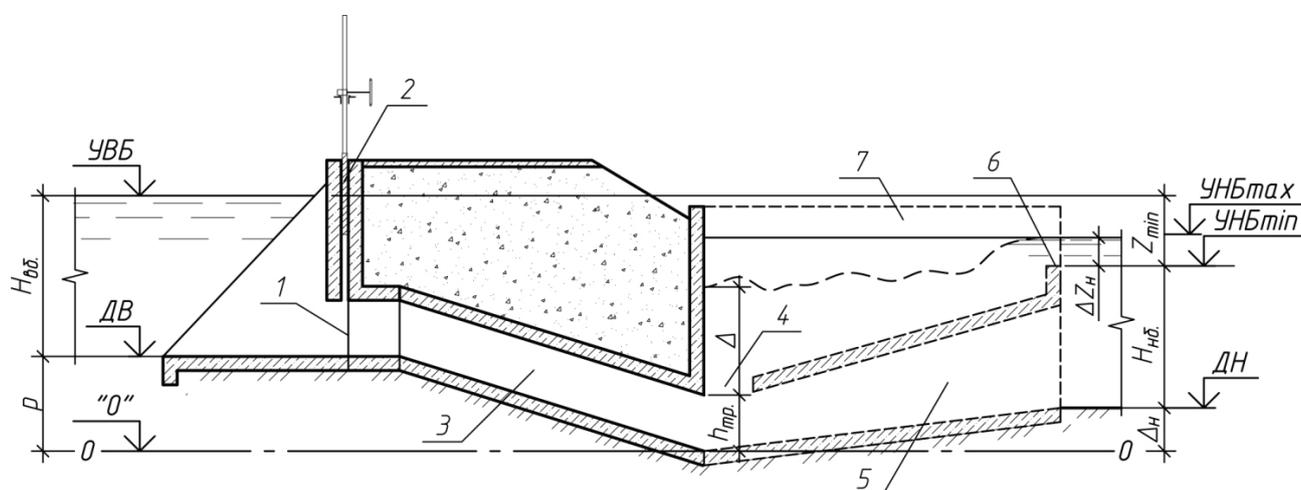


Рис. 1. Схема реконструируемого водовыпуска:

- 1 – входной оголовок; 2 – головной затвор; 3 – трубчатый водовыпуск;
- 4 – отверстие для подачи управляющего потока; 5 – надстраиваемый диффузор;
- 6 – водосливная кромка; 7 – камера сливания

Устройство регулятора и принцип его работы состоят в следующем. За входным оголовком 1 расположен головной затвор 2, используемый для полного отключения из работы водовыпуска 3, имеющего уклон трубы с перепадом высот p . В тех случаях, когда указанные части реконструируемых водовыпусков находятся в работоспособном состоянии, рекомендуется сохранять их без изменений, что снизит материалоемкость будущей конструкции.

Низовой участок необходимо дооборудовать диффузором 5, обеспечивающим снижение давления на величину минимального затопления сечения $h_{тр}$ и плавный роспуск потока, выходящего в отводящий канал с неразрывающейся скоростью, при этом крепления дна и откосов канала, как

правило, не требуется. Подбор параметров диффузора происходит из условий затопления выходного сечения реконструируемого водовыпуска на минимально необходимую величину D при глубине воды в отводящем канале $H_{ноб}$. Если это условие выполнить невозможно, то входное сечение диффузора заглубляют на величину D_n , что нежелательно из-за увеличения объема земляных работ и снижения фильтрационной прочности. Разработанная методика привязки будущих регуляторов к существующим типовым трубчатым водопропускным сооружениям позволяет подобрать конструктивные параметры диффузоров для двух возможных случаев: увеличения пропускной способности водовыпуска после реконструкции или ее сохранения [4].

В случае максимального водопотребления и постоянного притока воды со стороны верхнего бьефа уровень воды в нем расположен на отметке $\downarrow\text{УВБ}$ при глубине воды $H_{\text{вб}}$, а уровень воды в отводящем канале соответствует отметке $\downarrow\text{УНБ}_{\text{min}}$, камера слияния 7 не заполнена водой и система находится в равновесном состоянии.

Резкое падение водопотребления в нижнем бьефе (при отключении одной или нескольких дождевальных машин, обслуживаемых каналом, снижении водоподдачи насосной станции и т.п.) вызовет рост уровня нижнего бьефа на некоторую величину DZ , управляющий поток начнет поступать через водослив 6, и будет запущен процесс гидродинамического регулирования. Управляющий поток циркулирует между нижним бьефом и входным сечением диффузора, а величина расхода, проходящего через трубчатый водовыпуск, снижается. Система приходит в новое равновесное состояние, при котором водоподдача (пропускная способность регулятора) соответствует водопотреблению (установившейся глубине воды в отводящем канале). Максимальное снижение водопотребления будет соответствовать подъему воды в отводящем канале до отметки $\downarrow\text{УНБ}_{\text{max}}$ и максимальному слою перелива через водослив $DZ_{\text{н}}$, при этом пропускная способность регулятора будет минимальной.

Первые из разработанных конструкций гидродинамических регуляторов базировались на выходных участках с диффузорами, имеющими небольшие углы расширения (до 7° в горизонтальной и до 5° в вертикальной плоскости). Обладая хорошими гидравлическими характеристиками, эти сооружения имели существенный недостаток – низкий перепад глубин в отводящем канале, в пределах которого осуществлялось регулирование пропускной способности.

Для увеличения диапазона регулирования впервые было предложено использовать в качестве концевых участков регуляторов диффузоры с высокой степенью расширения при отношении площади выходного сечения к входному 3 и более. Для предотвращения сбойности течения могут служить разделительные стенки либо дефлекторы [1]. Выходное сечение трубчатого водовыпуска предложено оборудовать диафрагмой для варьирования пропускной способности будущего регулятора. Исследования включали в себя несколько этапов:

теоретическое определение гидравлических параметров новых сооружений и их регулирующей способности, экспериментальное изучение работы физических моделей регуляторов в гидравлической лаборатории и численное моделирование течения в CFD-пакете STAR-CCM+ [6]. В результате исследований детально разработана методика расчета конструктивных параметров сооружений и их привязки к условиям конкретных каналов.

В зависимости от объема водопотребления в нижнем бьефе сооружение может работать в двух режимах. При максимальном водопотреблении это напорное течение с постоянным коэффициентом расхода m_0 , зависящим только от формы исполнения проточной части. При снижении водопотребления коэффициент расхода регулятора m является переменной величиной, связанной не только с конструктивными особенностями камеры слияния, но и с величиной потока, поступающего через водослив. Относительный коэффициент расхода регулятора определялся по формуле

$$\mu' = \frac{\mu}{\mu_0},$$

где m_0 – коэффициент расхода водовыпуска, $\mu_0 = \text{const}$; m – коэффициент расхода регулятора $\mu = f(m)$. Здесь m – относительный управляющий расход:

$$m = \frac{q}{Q},$$

где q – расход, поступающий через управляющий водослив, $\text{м}^3/\text{с}$; Q – транзитный расход, проходящий через трубчатый водовыпуск, $\text{м}^3/\text{с}$.

На рисунке 2 приведены характерные кривые относительного коэффициента расхода одного из регуляторов, созданного из типового трубчатого водовыпуска с площадью поперечного сечения 1 м^2 .

Концевой участок водовыпуска оборудован диафрагмой, стесняющей 50% выходного сечения трубы, диффузором со степенью расширения 4 и дефлекторами для предотвращения сбойности течения. Условием привязки диффузора являлось равенство расхода реконструируемого водовыпуска максимальному расходу будущего регулятора. В процессе регулирования пропускная способность сооружения с усовершенствованной проточной частью снижается на 66%, что в 3 раза больше, чем у предыдущих конструкций.

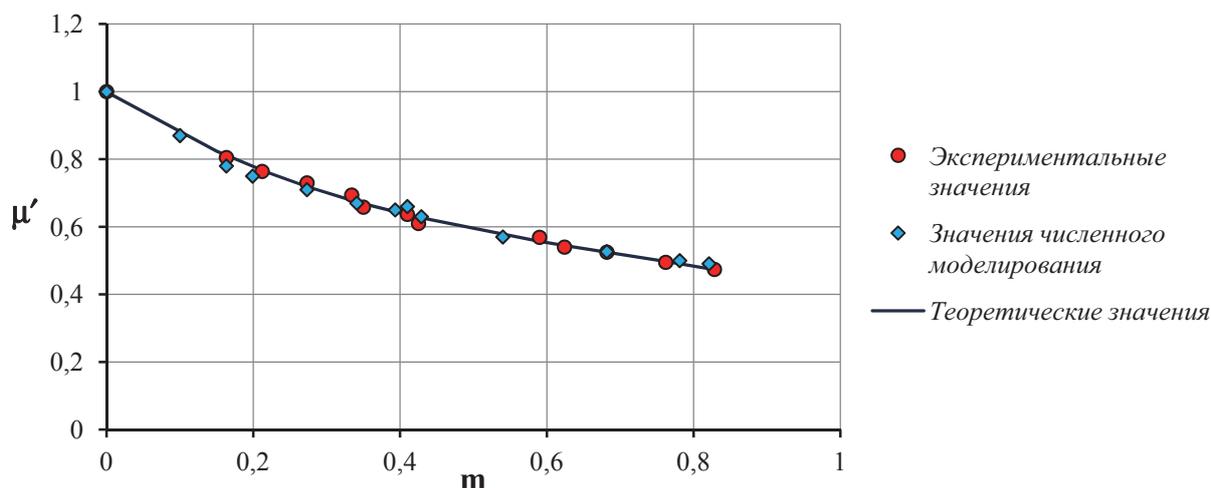


Рис. 2. Относительный коэффициент расхода регулятора с диафрагмой

Результаты и обсуждение. Предел регулирования по напорам выражается отношением максимального слоя перелива через водослив DZ_n при минимальном водопотреблении к напору на сооружение при максимальном водопотреблении DZ_{min} (рис. 1). При этом сливающиеся транзитный и управляющий потоки достигают своего предельного значения $m_{пред}$, при котором камера слияния практически затоплена. Значения этих величин зависят не только от конструкции регулятора, но и от пара-

метров канала, в котором он установлен: геометрических размеров, шероховатости, формы поперечного сечения и глубин при различном водопотреблении. На рисунке 3 приведен пример возможных пределов регулирования по напорам для регулятора, пропускная способность которого проанализирована выше. Расчеты выполнены для канала в земляном русле с шириной по дну 2,5 м, коэффициентом заложения откосов 1:1,5, с максимальной пропускной способностью 2,6 м³/с.

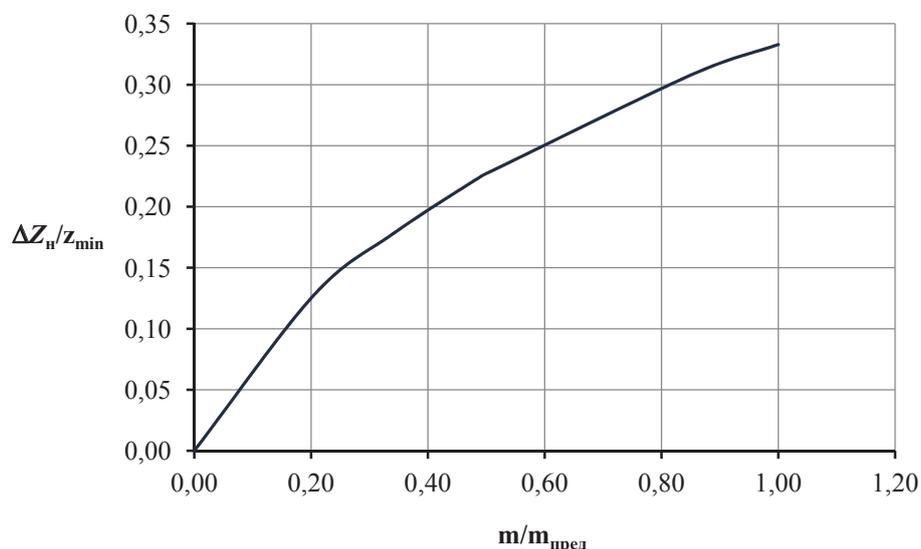


Рис. 3. Предел регулирования по напорам

При резком снижении водопотребления ниже створа перегораживающего сооружения рассматриваемый регулятор способен снизить свою пропускную способность до величины, составляющей 35% от расхода канала. При этом допустимый рост глубины в отводящем канале, вызванный снижени-

ем водопотребления, составляет 15% от начального значения.

Выводы

Разработанные регуляторы расхода имеют следующие преимущества: надежность вследствие отсутствия механических

частей и датчиков уровня; низкая материалоемкость, обусловленная максимальным использованием труб реконструируемых водовыпусков и отсутствием крепления дна и стенок отводящего канала от размывов; минимальная энергоёмкость, так как процесс регулирования использует возобновляемую энергию водного потока и не требует маневрирования головным затвором; применение водосберегающих технологий и автоматизации процесса при подаче воды потребителям; предотвращение непроизводительных сбросов из каналов оросительных систем, негативно сказывающихся на экологии мелиорируемых земель.

Библиографический список

1. **Гайсин А.А.** Способ совершенствования гидродинамических регуляторов расхода // Электронное периодич. издание «Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации». 2015. № 3. С. 159-170. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=351&id=364> (дата обращения – 30.08.2016 г.).
2. О федеральной целевой программе «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» [Электронный ресурс]: постановление Правительства Российской Федерации от 19 апр. 2012 г. № 350 (ред. от 11 авг. 2016 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. О федеральной целевой программе «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы» [Электронный ресурс]: постановление Правительства Российской Федерации от 13 окт. 2013 г. № 922 (ред. от 11 июня 2016 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. **Снежко В.Л.** К вопросу автоматизации напорных водовыпускных сооружений малых гидроузлов // Перспективы науки. – 2010. – № 10. – С. 54-58.
5. **Бенин Д.М.** Влияние формы элементов проточной части на регулируемую способность гидродинамических стабилизаторов расхода воды // Перспективы науки. – 2010. – № 11 (13). – С. 59-63.
6. **Снежко В.Л., Бенин Д.М.** Численное и физическое моделирование при изучении напорных водопропускных сооружений в гидротехнике // Наука и бизнес: пути развития. – 2013. – № 2. – С. 31-37.
7. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации: Официальный интернет-портал]. URL: [<http://www.mcx.ru/news/news/show/50548.355.htm>] (дата обращения – 30.08.2016).
8. Федеральная служба государственной статистики: [Официальный сайт]. URL: <http://www.gks.ru>

Материал поступил в редакцию 04.10.2016 г.

Сведения об авторах

Снежко Вера Леонидовна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии в строительстве» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, Б. Академическая ул., д.44; e-mail: VL_Snejko@mail.ru

Гайсин Айнурт Альбертович, кандидат технических наук, инженер ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, Б. Академическая ул., д.44; e-mail: dmitrij552@mail.ru

Бенин Дмитрий Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии в строительстве» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, Б. Академическая ул., д.44; e-mail: dmitrij552@mail.ru

V.L. SNEZHKO, A.A. GAISIN, D.M. BENIN

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

RESOURCESAVING CULVERT STRUCTURES FOR IRRIGATION CHANNELS

The article describes design features of automatic flow regulators with a diffuser on the end site with a high degree of expansion. Investigations of the structures operation included several stages: theoretical determination of hydraulic parameters of new structures and their regulating capacity, experimental studying of physical models of regulators in the hydraulic laboratory and numerical simulation of the flow in the CFD package STAR-CCM+. There are given ranges of the capacity regulation and permissible differences in depths. Capacity calculations of flow regulators are made for a channel in the earth channel with a width on the bottom 2.5 m, ratio of slopes 1:1.5 with the maximum capacity of 2.6 m³/s. With a sharp decrease in water consumption

below the site of the partitioning structure the regulator is able to reduce its capacity up to the value being 35% of the channel consumption. The proposed structures can be obtained under reconstruction of typical tubular outlets.

Hydraulic structures, outlet structures, resource saving, automation, capacity, diffuser.

Reference

1. **Gaisin A.A.** Sposob sovershenstvovaniya gidrodinamicheskikh regulyatorov raskhoda // *Electronnoye periodich. Izdanie «Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioratsii»*. 2015. № 3. S. 159-170. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=351&id=364> (data obrashcheniya – 30.08.2016 g.).

2. O federal'noy tselevoy programme «Razvitie vodokhozyaistvennogo kompleksa Rossijskoy Federatsii v 2012-2020 godah» [Electronnyj resurs]: postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoy Federatsii ot 19 apr. 2012 g. № 350 (red. ot 11 avg. 2016 g.). Dostup iz sprav. – pravovoj sistemy «Consul'tantPlyus».

3. O federal'noj tselevoy programme «Razvitie melioratsii zemelj cel'skokozyajstvennogo naznacheniya Rossii na 2014-2020 gody» [Electronnyj resurs]: postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoy Federatsii ot 13 okt. 2013 g. № 922 (red. ot 11 iyunya 2016 g.). Dostup iz sprav. – pravovoj sistemy «Consul'tantPlyus».

4. **Snezhko V.L.** K voprosu avtomatizatsii napornyh vodovypusknih sooruzhenij malyh gidrouzlov // *Perspektivy nauki*. – 2010. – № 10. – S. 54-58.

5. **Benin D.M.** Vliyanie formy elementov protochnoj chaste na reguliruyushchuyu sposobnostj gidrodinamicheskikh stabilizatorov raskhoda vody // *Perspektivy nauki*. – 2010. – № 11 (13). – S. 59-63.

6. **Snezhko V.L., Benin D.M.** Chislennoe i fizicheskoe modelirovanie pri izuchenii napornyh vodopropusknih sooruzhenij v gy-

drotehnike // *Nauka i biznes: puti razvitiya*. – 2013. – № 2. – S. 31-37.

7. Ministerstvo sel'skogo khozyajstva Rossijskoy Federatsii: [Ofitsialnyj internet-portal]. URL: <http://www.mcx.ru/news/news/show/50548.355.htm> (data obrashcheniya – 30.08.2016).

8. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki: [Ofitsialnyj сайт]. URL: <http://www.gks.ru/>

The material was received at the editorial office
04.10.2016

Information about the authors

Snezhko Vera Leonidivna, doctor of technical sciences, professor, head of the chair «Information technologies in construction» FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, B. Academicheskaya ul., d. 44; e-mail: VL_Snejko@mail.ru

Gaisin Ainurt Aljbertovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Information technologies in construction» FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, B. Academicheskaya ul., d. 44; e-mail: dmitrij552@mail.ru

Benin Dmitry Mikhailovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Information technologies in construction» FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, B. Academicheskaya ul., d. 44; e-mail: dmitrij552@mail.ru

УДК 502/504:621.644:532.54

Н.В. ХАНОВ

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

А.В. БУРЛАЧЕНКО

АО «Мерседес-Бенц РУС», г. Москва

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОЙ И БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ ТРУБЧАТЫХ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ ИЗ ГОФРИРОВАННОГО МЕТАЛЛА

Приведены результаты анализа основных факторов, влияющих на долговечность, надёжность и безопасность работы водопропускных сооружений различного назначения из металлических гофрированных труб. Рассмотрены способы повышения абразивной устойчивости оцинкованных гофротруб. Приводятся и обсуждаются результаты экспериментальных исследований гидравлических сопротивлений в металлических трубах с нормальной (МГТ) и спиральной (СВМГТ) формами гофра при наличии и отсутствии гладкого лотка по их дну. Выявлены основные факторы, влияющие на коэффициент шероховатости в таких трубах при напорном и безнапорном режимах протекания водного потока. Установлено, что для СВМГТ с гладким лотком по дну величина коэффициента шероховатости заметно меньше коэффициента шероховатости той же СВМГТ без гладкого лотка. Обоснована необходимость проведения дальнейших экспериментальных исследований и натурных обследований оцинкованных труб из металлических гофрированных структур, имеющих специальное защитное покрытие в виде лотка по дну, обеспечивающего надёжную работу водопропускных сооружений на временных и постоянных водотоках с разным уровнем абразивного воздействия потока.

Водопропускные сооружения, металлические гофрированные трубы с нормальным и спиральным гофром, долговечность, надёжность работы, безнапорный и напорный гидравлические режимы, гладкий лоток, коэффициент шероховатости, экспериментальные исследования.

Введение. Малые водопропускные сооружения, под которыми подразумеваются водопропускные трубы, являются основными не только на мелиоративной сети, но и на автомобильных магистралях, где их насчитывается не менее 1...2 на 1 км дороги [1]. Более чем в 20 странах мира для возведения и реконструкции водопропускных переходов, водосбросов при низконапорных гидроузлах, малых мостов, экопереходов, транспортных переходов через нерестовые водотоки и ирригационные каналы, лавинозащитных галерей и др. используются искусственные сооружения из металлических гофрированных структур [2], которые выполняются из труб с нормальным (МГТ) и спиральновитым (СВМГТ) гофром. Как и для всех гидротехнических сооружений (ГТС), определяющим показателем оценки их гидравлической работы, характеризующим пропускную способность, является не только размер отверстия, но и форма их гофра [1-3].

Безопасная работа водопропускного сооружения, а следовательно, и бесперебойное функционирование транспортной маги-

страли, проходящей над ГТС, может быть обеспечена только при гарантированном пропуске расчётного расхода поверхностных вод под насыпью. Поэтому размер металлической гофрированной водопропускной трубы и её конструктивных элементов должен назначаться на основании гидравлического расчёта, который является неотъемлемой составной частью любого проекта ГТС, в том числе и трубчатых переходов на дорогах [3]. Однако в существующих типовых проектах этот раздел для СВМГТ отсутствует. Это нарушает основные требования по обеспечению безопасности применения на автомобильных дорогах водопропускного сооружения с МГТ (п. 4.2) [3], не соответствует требованиям СП 35.13330.2011, СП 34.13330.2012 и других нормативных документов для ГТС. Таким образом, функциональная, конструктивная и информационная надёжность водопропускных сооружений при строительстве СВМГТ по таким проектам не будет обеспечена.

Гидравлическая работа гофрированных труб вследствие повышенной шероховатости стенок имеет свои особенности. Однако недо-

статочная изученность условий их работы, отсутствие нормативной базы и корректных методик гидравлического расчёта МГТ и СВМГТ усложняют правильный выбор инновационных технических решений при проектировании, сравнении вариантов и строительстве этих легких, быстро возводимых и мобильных ГТС из сборных металлических гофрированных элементов [4-6]; затрудняют проведение комплексной оценки гидрологической и гидродинамической безопасности ГТС из гофрированных структур (рис. 1) [4, 5].

Вторым аспектом проблемы внедрения инновационных решений водопропускных труб в практике проектирования и строительства ГТС является оценка их долговечности и надёжности гидравлической работы. С учетом того, что период применения СВМГТ в РФ является недолгим, отечественные методики расчета долговечности отсутствуют. Анализ зарубежных методик показывает обилие методов расчета долговечности таких водопропускных сооружений, используемых, например, в США (они разные в штатах Флорида, Огайо, Нью-Йорк и др.) [5]. Объясняется это тем, что на долговечность МГТ существенное влияние оказывают очень многие факторы

(кислотность, удельное электрическое сопротивление грунта, климатические условия региона и проч.). Согласно классификации Национальной ассоциации по металлическим гофрированным трубам США (NCSIPA) при оценке различных видов дополнительных защитных покрытий, обеспечивающих увеличение долговечности гофрированных металлических водопропускных труб, выделяют 4 уровня абразивного воздействия потока.

В соответствии с рекомендациями [5] предлагается применять в качестве защитного полимерное покрытие только при 1-3 уровнях абразивного воздействия (табл.).

При 4-м уровне абразивного воздействия водного потока можно применять полимерное покрытие, но только совместно с асфальтобетонным или бетонным лотками, укладываемыми по дну трубы (увеличение долговечности при этом составляет 30 лет). Наибольшее увеличение долговечности гофрированной трубы (на 50 лет) при пропуске водного потока с 4-м уровнем абразивного воздействия обеспечивает бетонное покрытие толщиной 75 мм (3 дюйма), занимающее не менее 25% внутреннего периметра гофрированной трубы.



Рис. 1. Пример развития аварии водопропускного сооружения из МГТ (а-г) [2]

**Прогнозируемый срок службы МГТ
в зависимости от типа защитного покрытия, лет [5]**

Тип покрытия со стороны водотока	Уровень абразивного воздействия			
	1	2	3	4
Асфальтовое	10	10	н/р	н/р
Асфальтобетонное	30	30	30	30
Асфальтовое покрытие, армированное волокном	40	40	н/р	н/р
Полимеризированный асфальт/битум	45	45	35	н/р
Предварительно нанесённый полимер	80	80	70	н/р
Предварительно нанесённый полимер с бетонированием	80	80	80	30
Предварительно нанесённый полимер на внутреннюю поверхность трубы из полимеризированного асфальта	80	80	80	30
Бетонирование асфальтобетона с добавлением армированного волокна	50	50	40	н/р
Высокопрочный бетон	75	75	50	н/р
Гладкий бетонный лоток по дну трубы	80	80	80	50

Примечание. н/р не рекомендуется.

Анализ данных, приведённых в таблице, и опыта эксплуатации ряда водопропускных труб из гофрированного металла, как построенных, так и восстановленных при релининге в РФ [2, 5], показывает, что долговечность при отсутствии бетонного лотка по дну гофротрубы или при уменьшении его толщины значительно снижается. Следует отметить, что в ряде штатов США ни при каких условиях не допускается применение металлических гофрированных труб без дополнительного защитного покрытия, устраиваемого по дну (штат Огайо и др.). Поэтому считаем, что применять любые гофрированные трубы в нашей стране в условиях агрессивной внешней среды и повышенного абразивного воздействия водного потока (часто это 4-й уровень) без защитного бетонного лотка по дну недопустимо. Более того, согласно действующему ОДМ 218.2.001-2009 [3] все применяемые в РФ МГТ должны обязательно иметь защитный бетонный лоток, занимающий более $\frac{1}{4}$ внутреннего периметра гофрированной трубы. Учитывая сказанное выше, для повышения долговечности СВМГТ такой лоток необходимо устанавливать и на дне СВМГТ [9].

Материалы и методы исследования. Любая водопропускная труба незави-

симо от типа входного оголовка, как гладкая, так и гофрированная, может работать как минимум в трех основных гидравлических режимах: безнапорном, полунпорном и напорном; а иногда – и в частично-напорном [1, 2, 9]. Это отражено и в действующих ОДМ [3], где на автомобильных дорогах постоянного применения разрешено проектировать гофрированные трубы на пропуск расчетного расхода не только в безнапорном гидравлическом, но и в полунпорном и напорном режимах. Частично-напорный режим не упоминается, поскольку условия работы МГТ в этом режиме в России практически не изучены. СВМГТ тоже могут работать в отмеченных 4-х гидравлических режимах. Например, это может происходить после проведения капитального ремонта старого водопропускного сооружения методом релининга, широко используемого как в нашей стране, так и за рубежом, при котором в старую водопропускную трубу вставляется новая гофротруба меньшего размера. При этом пропускная способность восстановленного сооружения из-за уменьшения площади водопропускного отверстия значительно снижается. Поэтому новая водопропускная труба (МГТ либо СВМГТ) может работать скорее всего с затопленным входным оголовком, т.е. в полуна-

порном, напорном или частично-напорном режимах. В этой связи обязательно должен выполняться её расчет на работу во всех гидравлических режимах. Следует отметить, что в соответствии с [3] оба вида труб в РФ обычно проектируются на работу в безнапорном режиме.

В мировой практике наметилась тенденция использования водопропускных гофрированных труб без оголовка. Правда, для увеличения пропускной способности ряд исследователей рекомендует устраивать на входе порталную стенку или оголовок, подобный раструбному, но выполненный из гофрированного металла [1, 9]. Проведенные ранее в МАДИ исследования [5-9] показали, что увеличение коэффициента расхода при этом составляет всего около 4,4...6%. Поэтому считаем, что при проектировании гофрированной трубы на работу в безнапорном режиме целесообразнее устраивать её без оголовка, что понизит строительную

стоимость всего ГТС в целом, сохраняя надёжность его работы.

В этой связи большая часть исследований МГТ и СВМГТ по оценке безопасной работы и повышению эффективности гидравлической работы гофрированных труб при основных режимах работы проводилась для гофротруб с входом без оголовка со срезом, перпендикулярным оси трубы (рис. 2), а на выходе – с порталной стенкой. Модель СВМГТ имела внутренний диаметр 240 мм и гофр размером 25 x 5 мм (угол спиральности $\varphi = 9^{\circ}21'$), который в масштабе 1:5 моделировал натурную трубу $d = 1200$ мм с базовым гофром 125 x 25 мм и уклонами $i = 0,03$ и $i = 0,05$. По дну гофрированной трубы на последнем этапе исследований был уложен гладкий лоток толщиной $\delta = 12$ мм, занимавший сегмент с углом $\alpha = 120^{\circ}$ [2, 7, 9]. При расчёте коэффициента шероховатости величина коэффициента Шези рассчитывалась по зависимости Маннинга.



Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки одноочковой СВМГТ с гладким лотком по дну

Результаты исследований. Исследования показали, что при отсутствии лотка по дну МГТ и СВМГТ работают по типу «коротких» труб, и на их пропускную способность в *безнапорном* режиме изменение сопротивления по длине трубы не влияет [2]. В отечественной гидравлике в этих случаях расчёт ведётся по формуле водослива с широким порогом [3, 8]. Следует отметить, что при гидравлическом расчете водопропускной трубы, работающей по типу «короткой»

в безнапорном и полупапорном режимах, величина коэффициента шероховатости n не является определяющей, поскольку не входит в основные расчетные зависимости, но при расчёте напорного движения водного потока знание величины n весьма важно. Однако при наличии гладкого лотка по дну использовать для выполнения гидравлических расчётов СВМГТ существующие рекомендации для МГТ нельзя, так как наличие спиральности оказывает влияние

на гидравлические сопротивления, испытываемые потоком при движении по такой комбинированной гладко-гофрированной конструкции ГТС [6]. При этом для обоих типов гофра сопротивления, испытываемые

водным потоком при движении по МГТ и СВМГТ, имеющих гладкий лоток по дну, меняются одновременно с изменением наполнения h_0/d , где h_0 – нормальная глубина потока в трубе (рис. 3).

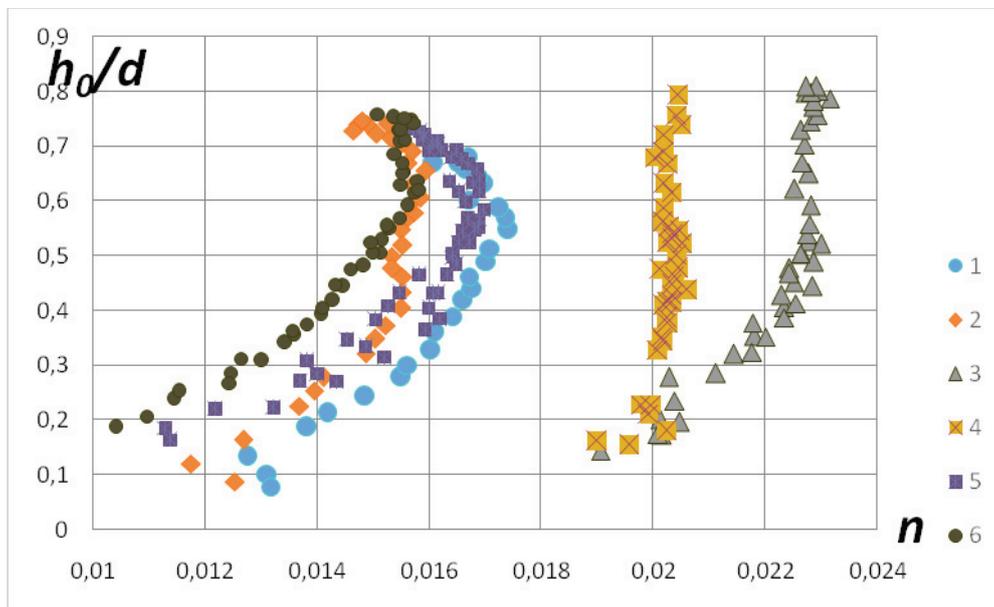


Рис. 3. График зависимости $n = f(h_0/d)$ для исследованных моделей гофрированных водопропускных труб без входного оголовка при безнапорном движении водного потока соответственно с $i = 0,05$ и $i = 0,03$:
1, 2 – опытные точки для СВМГТ с лотком по дну; 3, 4 – для СВМГТ без лотка;
5, 6 – для МГТ с лотком по дну

При *напорном* движении водного потока в МГТ и СВМГТ с гладким лотком по дну коэффициент гидравлического сопротивления является функцией числа Рейнольдса Re . Соответственно при $Re \geq 350\,000$ для МГТ [2] и $Re \geq 400\,000$ для СВМГТ [9] наступает квадратичная область, и значение коэффициента гидравлического сопротивления по длине λ перестаёт меняться. Установлено, что коэффициент шероховатости n при напорном движении потока, зависящий от наличия и размеров гладкого лотка, коэффициента шероховатости лотка и гофрированной поверхности трубы, может быть достаточно корректно рассчитан по зависимости Нортона [9] только для СВМГТ, а для МГТ по данной зависимости значение n значительно меньше, чем получается в экспериментах [1]. При этом в обоих случаях влияние изменения шероховатости гладкого лотка в целом незначительно сказывается на натурной расчётной величине n_n . Для натурной СВМГТ $d_n = 1,2$ м со спиральным гофром размером 125 x 25 мм с гладким лотком по дну величина

коэффициента шероховатости $n_n = 0,0234$ оказалась заметно меньше коэффициента шероховатости $n_n = 0,0275$ той же СВМГТ без гладкого лотка, полученной по результатам выполненных ранее исследований [10].

Следует заметить, что приводимые в зарубежной литературе, в частности, в справочнике AISI, для гофра 125 x 25 мм коэффициенты шероховатости существенно занижены (в отдельных случаях, как отмечалось и зарубежными исследователями, более чем на 40%) [2, 10]. Их значения получены не на основании экспериментальных гидравлических исследований, а путем логического анализа изменения коэффициентов шероховатости для гофров другого размера и вида.

Сопоставительный анализ работы МГТ и СВМГТ при *безнапорном* движении водного потока показывает, что с установкой гладкого лотка по дну (рис. 3) гидравлические сопротивления, как и при напорном движении водного потока, существенно снижаются. При установке гладкого лотка, занимающего 1/3 внутреннего

периметра трубы, в СВМГТ с натурными параметрами $d_n = 1,2$ м, гофр 125 x 25 мм величина коэффициента шероховатости при безнапорном движении при пересчёте экспериментальных данных в натуру составляет $n_n = 0,0207$ ($i = 0,03$) и $n_n = 0,0226$ ($i = 0,05$). С ростом наполнения трубы h_0/d и при увеличении её уклона наблюдается возрастание значений n как при движении воды в пределах гладкого лотка, так и при переходе его на гофрированную часть трубы. Максимальные значения коэффициента n для обеих моделей гофротруб наблюдаются при наполнениях, равных примерно $h_0/d = 0,57...0,65$. Затем их величина несколько понижается, что согласуется с данными ряда зарубежных исследователей [9, 11]. В общем величина n в трубах с гладким лотком по дну и спиральной формой гофра получилась в экспериментах при соответствующем наполнении в 1,2...1,03 раза меньше по сравнению с МГТ с донным лотком. В целом величина коэффициента n при безнапорном движении в зависимости от уклона гофрированной трубы с гладким лотком по дну получается меньше соответствующих значений n при напорном режиме, и примерно в 1,25...1,4 раза величина n меньше значений n для гофротруб при отсутствии гладкого лотка на дне [10]. Однако при отсутствии гладкого лотка в трубах более ярко при безнапорном и напорном движении водного потока выражена зависимость между коэффициентом шероховатости n гофрированной трубы от величины её уклона [2].

Выводы

1. Для повышения долговечности и обеспечения надёжной и безопасной работы водопропускных сооружений с трубами из гофрированного металла, особенно в условиях повышенного уровня абразивного воздействия водного потока, необходимо устраивать бетонный лоток по их дну в трубах как с нормальным (МГТ), так и спиральным гофра (СВМГТ).

2. В настоящее время разработать СП для ГТС, использующих металлические гофрированные структуры на водопропускном тракте, не представляется возможным ввиду отсутствия гидравлических экспериментальных исследований всего многообразия гофрированных труб, применяемых сегодня в России.

3. Методика гидравлического расчёта СВМГТ при разных режимах работы должна обязательно учитывать наличие бетонного защитного лотка, устраиваемого по дну гофрированной водопропускной трубы. В результате экспериментов получены необходимые для расчётов данные о гидравлических сопротивлениях в СВМГТ с гладким лотком по дну. При установке на дне СВМГТ для повышения абразивной устойчивости защитного лотка, занимающего не менее $\frac{1}{4}$ её внутреннего периметра, коэффициент шероховатости будет иметь меньшее значение, чем при отсутствии лотка. При безнапорном движении водного потока величина коэффициента шероховатости будет переменной в зависимости от наполнения трубы. При напорном движении значение n можно достаточно точно определять для СВМГТ по формуле Нортон.

4. Для оптимизации выбора инновационного конструктивного решения водопропускного ГТС применительно к условиям конкретного водного объекта следует уточнить и конкретизировать как нормативно-техническую базу, так и регламентирующие требования к применению таких новых разработок. Необходимо ввести корректировку в существующие рекомендации с учётом современных экспериментальных данных и мониторинговых исследований, а также включить их в разрабатываемые в настоящее время по заданию Росавтодора ОДМ по спиральновитым металлическим гофрированным трубам.

Библиографический список

1. 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.
2. Алтунин В.И., Черных О.Н., Федотов М.В. Водопропускные сооружения транспортных магистралей из металлических гофрированных структур. – М.: МАДИ, 2016. – 304 с.
3. 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.

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

5. Алтунин В.И., Черных О.Н., Бурлаченко А.В., Ушаков В.В. Долговечность дорожных водопропускных труб из гофрированного металла // Дороги и мосты. – 2016. – Вып. 35. – С. 173-186.

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

7. 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.

8. Алтунин В.И., Черных О.Н., Бурлаченко А.В. К вопросу выбора расчётного гидравлического режима при проектировании металлических гофрированных водопропускных труб // Природообустройство. – 2014. – № 2. – С. 51-57.

9. Алтунин В.И., Бурлаченко А.В., Черных О.Н. Гидравлические сопротивления водопропускных труб из гофрирован-

ного металла с повышенной абразивной устойчивостью // Гидротехническое строительство. – 2016. – № 6. – С. 23-29.

10. Алтунин В.И., Черных О.Н. Гидравлические сопротивления металлической гофрированной водопропускной трубы со спиральной формой гофра // Гидротехническое строительство. – 2016. – № 1. – С. 31-36.

11. Steven F. Mangin. Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in the Civil and Environmental Engineering Program YOUNGSTOWN STATE UNIVERSITY August, 2010. P. 159.

Материал поступил в редакцию 12.10.2016 г.

Сведения об авторах

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

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

N.V. KHANOV

Federal state budgetary educational institution of higher professional education «Russian state agrarian University – MAA named after K.A. Timiryazev», Moscow

A.V. BURLACHENKO

АО «Mercedes-Benz RUS», Moscow

HYDRAULIC ASPECTS OF ENSURING RELIABLE AND SAFE OPERATION OF TUBULAR CORRUGATED CULVERTS

There are given the analysis results of the main factors influencing the durability, reliability and safety of culverts of different purposes made of metal corrugated pipes. There are considered the ways of improving the abrasive resistance of galvanized corrugated pipes. There are given and discussed the results of experimental investigations of hydraulic resistance in metal pipes with a normal (MGT) and spiral (SMGT) shaped corrugation with the availability and absence of a smooth tray on their bottom. The main factors affecting the coefficient of roughness are revealed in such pipes under pressure and non-pressure conditions of the water flow. It was found that for SMGT with a smooth tray on the bottom the value of the roughness coefficient is noticeably less than the roughness coefficient of the same SPMGT without a smooth tray. There is substantiated the necessity of further experimental investigations and field inspections of galvanized pipes of corrugated metal structures with a special protective coating in the form of a tray on the bottom to ensure a reliable operation of culverts on temporary and permanent watercourses with a different level of the abrasive flow influence.

Culverts, corrugated metal pipes with a normal and spiral corrugation, durability, reliability of operation, pressure and non-pressure hydraulic regimes, smooth tray, coefficient of roughness, experimental investigations.

References

1. **Altunin V.I., Chernykh V.I., Fedotov M.V.** Vodopropusknye trubyy v transportnom stroitel'stve, Gydravlicheskaya rabota trub iz metallicheskih gofirovannykh structur. – M.: MADI, 2012. – 269 s.
2. **Altunin V.I., Chernykh O.N., Fedotov M.V.** Vodopropusknye sooruzheniya transportnykh magistralей iz metallicheskih gofirovannykh structur. – M.: MADI, 2012. – 304 s.
3. ODM 218.2.001-2009 «Recomendatsii po projectirovaniyu I stroitel'stvu vodopropusknykh sooruzheniy iz metallicheskih gofirovannykh structur na avtomobilnykh dorogah obshchego pol'zovaniya s uchetom regionalnykh usloviy Dorozhno-climaticheskikh zon». – M.: FDA (ROSAVTODOR), 2009. – 200 s.
4. **Altunin V.I., Chernykh O.N.** Gydravlicheskie usloviya raboty nizhnih bjefov gofirovannykh vodopropusknykh trub // Prirodoobustroystvo. – 2013. – № 5. – S. 40-43.
5. **Altunin V.I., Chernykh O.N., Burlachenko A.V., Ushakov V.V.** Dolgovechnost' dorozhnykh vodopropusknykh trub iz gofirovannogo metalla // Dorogi I mosty. – 2016. – Vyp. 35. – S. 173-186.
6. **Altunin V.I., Chernykh O.N., Burlachenko A.V.** Povyshenie effektivnosti gydravlicheskoj raboty dorozhnykh vodopropusknykh trub // Prirodoobustroystvo. – 2016. – № 2. – S. 42-46.
7. **Altunin V.I., Chernykh O.N., Burlachenko A.V.** Experimental'nyye issledovaniya metallicheskoj gofirovannoy vodopropusknoy trubyy pri chastichno-napornom rezhime // Privolzhskij zhurnal. – 2015. – № 1. – SC. 28-36.
8. **Altunin V.I., Chernykh O.N., Burlachenko A.V.** K voprosu vybora raschetnogo gydravlicheskogo rezhima pri proectirovaniі metallicheskih gofirovannykh vodopropusknykh trub // Prirodoobustroystvo. – 2014. – № 2. – S. 51-57.
9. **Altunin V.I., Burlachenko A.V., Chernykh O.N.** Gidravlicheskie soprotivleniya vodopropusknykh trub iz gofirovannogo metalla s povyshennoy abrazivnoy ustojchivost'ju // Gydrotechnicheskoye stroitel'stvo. – 2016. – № 6. – S. 23-29.
10. **Altunin V.I., Chernykh O.N.** Gidravlicheskie soprotivleniya metallicheskoj gofirovannoy vodopropusknoy trubyy so spiral'noy formoy gofra // Gydrotechnicheskoye stroitel'stvo. – 2016. – № 1. – S. 31-36.
11. **Steven F. Mangin.** Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in the Civil and Environmental Engineering Program YOUNGSTOWN STATE UNIVERSITY August, 2010. P. 159.

The material was received at the editorial office
on 12.10.2016

Information about the authors

N.V. KHANOV Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow. 127550, ul. B. Academicheskaya, 44; tel.: 8 (499)976-00-15; e-mail: vkhanov@yahoo.com.

Burlachenko Alena Vladimirovna, specialist AO «Mercedes-Benz RUS», 125167, Moscow, Leningradsky pr-t, 39A, tel.: 8(499) 618054; e-mail: alena.burlachenko@daimler.com.

УДК 502/504:517.54:532.031

К.Н. АНАХАЕВ

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Высокогорный геофизический институт» Росгидромета (ФГБУ «ВГИ»), г. Нальчик, Кабардино-Балкария

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОРОНКИ ВЫБРОСА ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ПОВЕРХНОСТЬ ГРУНТА

Дано новое гидромеханическое решение расчета воронки выброса при проведении земляных работ в области гидроэнергетического и водохозяйственного строительства по выемке котлованов и каналов с использованием импульсного воздействия на поверхность грунта силовой нагрузки в виде взрыва, что особенно актуально при наличии твердых труднообрабатываемых пород, мерзлых грунтов и т.д. Принято известное допущение о приобретении грунтом под воздействием энергии взрыва, при импульсных скоростях, больших некоторой критической величины, свойств идеальной несжимаемой жидкости. Для решения указанной задачи используется метод последовательных (11) конформных отображений физической области потенциального потока, представленной в виде области обратной величины годографа скорости (комплекса Кирхгоффа), на область комплексного потенциала – прямоугольника. Разработана новая методика построения геометрического образа комплексного потенциала при наличии в области течения «фокусной» точки со скачкообразными изменениями напорной функции и направления скорости потока. Полученные аналитические зависимости позволяют определить очертание воронки выброса грунта и все необходимые гидромеханические характеристики потенциального потока: напорную функцию, функцию тока, скорости течения и др. Приведен численный пример расчета тестовой задачи, частный результат которого в виде очертания воронки выброса полностью совпадает с полученным профилем воронки в решении Лаврентьева-Кузнецова.

Импульсное воздействие на грунт, воронка выброса, потенциальный поток, комплексная переменная, конформные отображения, комплекс Кирхгоффа.

Введение. В области гидроэнергетического и водохозяйственного строительства при проведении земляных работ по выемке котлованов и каналов, в особенности при наличии твердых труднообрабатываемых пород, мерзлых грунтов и т.д., нередко применяется импульсное воздействие на поверхность грунта силовой нагрузки в виде взрыва. При этом важное значение имеет правильное определение как профиля ожидаемой воронки выброса, так и динамических характеристик потенциального потока в ней (для оценки области разлета осколков пород).

Задача по определению очертания воронки выброса при взрыве шпурового заряда на поверхности грунта рассматривалась в работах [1, 2] в плоской постановке с принятием допущения о приобретении грунтом под воздействием взрыва (при скоростях, больших некоторой критической скорости $V_{кр}$) свойств идеальной несжимаемой жидкости.

Материалы и методы. Ниже дается новое гидромеханическое решение ука-

занной задачи методом последовательных (11) конформных отображений физической области течения $z = x + iy$ (рис. 1, 2 а), представленной в виде комплекса Кирхгоффа $\zeta_k = \xi_k + i\eta_k$ (рис. 2 б) [3], на область комплексного потенциала $W = \phi + i\psi$ (рис. 3 а), где x, y и ξ_k, η_k – текущие координаты областей z и ζ_k , ϕ и ψ – напорная (потенциальная) функция и функция тока.

С учетом симметричности области течения рассматривается только правая половина воронки выброса грунта $ABCPD$ с расположением осей координат x и y по рисунку 1.

При этом имеем следующие граничные условия [1, 2, 4, 5]:

- вдоль очертания криволинейного участка воронки выброса DPC значение полной скорости потока V равно величине критической скорости $V = V_{кр}$, соответственно внутри воронки выброса $V > V_{кр}$ и снаружи – $V < V_{кр}$;

- по линии осевой симметрии (непроницаемой границы) AD и очертанию кри-

волинейного участка воронки выброса DPC функция тока равна нулю $\psi = 0$;

- напорная (потенциальная) функция равна на линии заряда AB полному (единичному) напору H , т.е. $\phi = H = 1$ (в усл. ед.), а на выходном участке BC – линии выброса грунта, $\phi = 0$.

Для принятых граничных условий построение геометрического образа области комплексного потенциала $W = \phi + i\psi$ (прямоугольника) осложняется наличием в физической

области течения $z = x + iy$ «фокусной» точки B со скачкообразными условиями изменения потенциала (от 1 до 0) и направления скорости потока (на противоположное). Указанная трудность преодолевается введением в непосредственной близости от точки B некоторой огибающей кривой $m-n$ [4, 5] (рис. 2 а), очертаение которой в области комплекса Кирхгоффа $\zeta_k = \xi_k + i\eta_k$ (рис. 2 б) соответствует полуокружности радиуса $r \ll \frac{1}{V_{кр}} = \zeta_{кр}$.

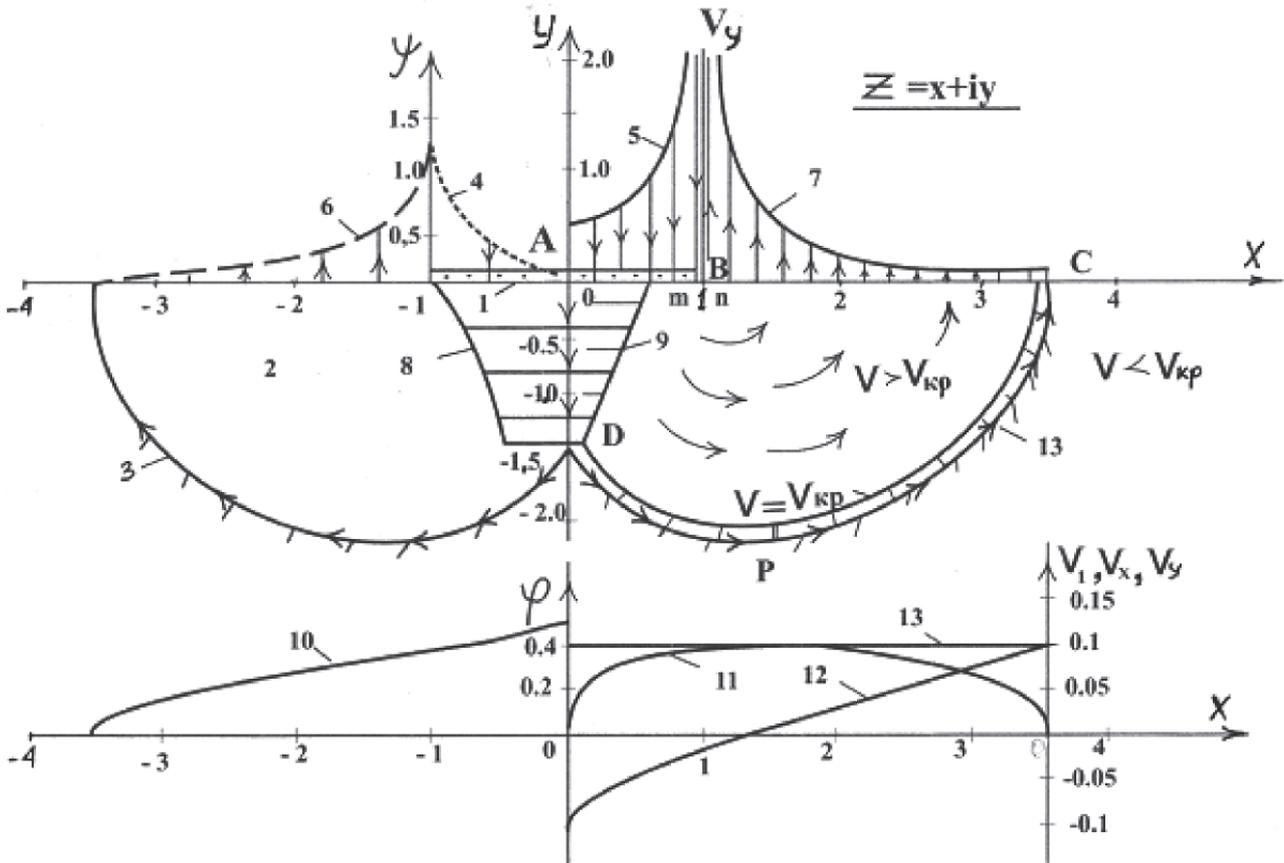


Рис. 1. Расчетная схема потенциального потока в воронке выброса в момент взрыва заряда на поверхности грунта:

- 1 – шпуровой заряд; 2 – грунтовое основание; 3 – очертаение воронки выброса грунта;
- 4, 5 – эпюры распределения входных значений функций тока ψ и скорости V_y по линии заряда Am;
- 6, 7 – эпюры распределения выходных значений функций тока ψ и скорости V_y по линии поверхности грунта n C;
- 8, 9 – эпюры распределения напорной функции ϕ и скорости V_y на осевой линии воронки выброса AD;
- 10, 11, 12, 13 – эпюры распределения напорной функции ϕ и соответственно скоростей V_x , V_y , V вдоль криволинейного участка очертаения воронки выброса грунта DPC

Вышеизложенное позволяет получить образ комплексного потенциала $W = \phi + i\psi$ в виде прямоугольника $AmnCD$ (рис. 3 а) шириной $H=1$ и высотой, равной полному значению функции тока $\psi = q$ (определяемого в процессе решения задачи).

Область комплекса Кирхгоффа является обратной величиной области годографа сопряженной скорости \bar{V}

$$\zeta_k = \xi_k + i\eta_k = \frac{dz}{dW} = \frac{1}{\bar{V}} = \frac{1}{V_x - iV_y}, \quad (1)$$

где V_x и V_y – горизонтальная и вертикальная составляющие полной скорости, равные

$$V_x = \frac{\xi_k}{\xi_k^2 + \eta_k^2}; V_y = \frac{\eta_k}{\xi_k^2 + \eta_k^2}; V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}. \quad (2)$$

Всякий вектор, проведенный из центра координат области комплекса Кирхгоффа $\zeta_k = \xi_k + i\eta_k$ к рассматриваемой точке, показывает направление скорости в этой точ-

ке в физической области течения $z = x + iy$, а длина вектора численно равна обратному значению модуля скорости $|V|^{-1}$ [3, 6]. Образ же области течения $z = x + iy$ представляется в области комплекса Кирхгоффа $\zeta_k = \xi_k + i\eta_k$ в виде правого полукруга радиуса $\xi_{k(кр)} = V_{кр}^{-1}$ с «вырезанным» в центре малым полукругом радиуса $r \ll \xi_{k(кр)}$ (рис. 2 б).

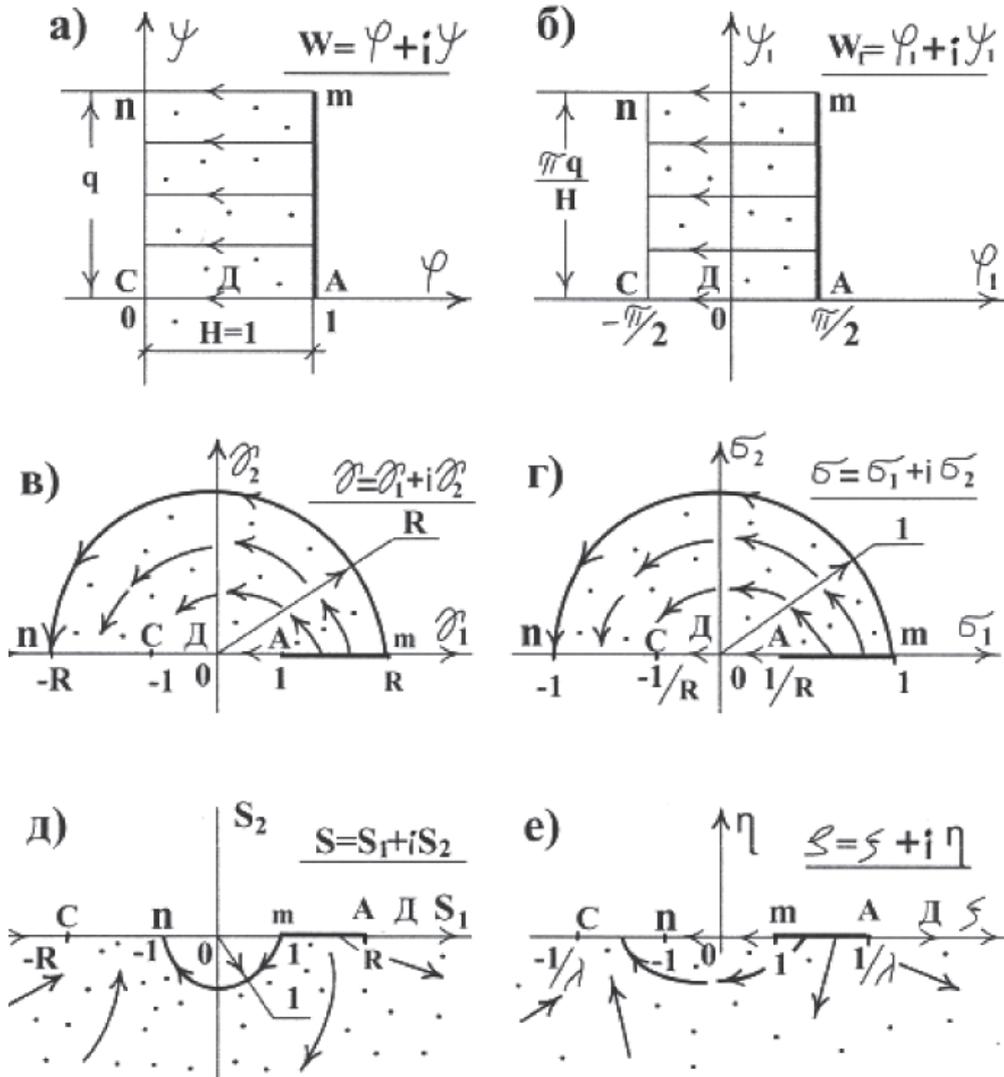


Рис. 2. Схемы последовательных конформных отображений, устанавливающих аналитическую взаимосвязь между физической областью течения $z = x + iy$, представленной в виде области комплекса Кирхгоффа $\zeta_k = \xi_k + i\eta_k$, и связующей полуплоскостью $\bar{\theta} = \bar{\theta}_1 + i\bar{\theta}_2$

Для получения замкнутого решения задачи в виде $V = f(W)$ последовательно отображим области $\zeta_k = \xi_k + i\eta_k$ (рис. 2 б) и $W = \phi + i\psi$ (рис. 3 а) на единую связующую полуплоскость $\bar{\theta} = \bar{\theta}_1 + i\bar{\theta}_2$ (рис. 2 ж), используя для этого ниже следующие промежуточные комплексные области с соответствующими отображающими функциями:

а) при конформном отображении области комплекса Кирхгоффа $\zeta_k = \xi_k + i\eta_k$ на по-

луплоскость $\bar{\theta} = \bar{\theta}_1 + i\bar{\theta}_2$: $\delta = \delta_1 + i\delta_2$, $\tau = \tau_1 + i\tau_2$, $t = t_1 + it_2$, $\theta = \theta_1 + i\theta_2$, (рис. 2, б-ж) с функциями

$$\delta = \frac{i}{r}\zeta_k, \tau = \delta + \frac{1}{\delta}, t = \frac{1}{\tau}, \theta = t + \frac{b(a+b)}{t \pm \sqrt{t^2 - (a^2 - b^2)}}, \bar{\theta} = \theta_1 - \theta_2 \quad (3)$$

(«плюс» при $t \geq 0$, «минус» при $t < 0$);

б) при конформном отображении области (прямоугольника) комплексного потенциала $W = \phi + i\psi$ на полуплоскость $\bar{\theta} = \bar{\theta}_1 + i\bar{\theta}_2$

[4,5,7,8]: $W_1 = \phi_1 + i\psi_1$, $\gamma = \gamma_1 + i\gamma_2$, $\sigma = \sigma_1 + i\sigma_2$,
 $S = S_1 + iS_2$, $\zeta = \xi + i\eta$ (рис. 3 б-е) с функциями

$$W_1 = \frac{\pi}{H}(W - 0,5H), \quad \gamma = \sin W_1, \quad \sigma = \frac{\gamma}{R}, \quad S = \frac{1}{\sigma},$$

$$\zeta = \frac{1}{2}\left(S + \frac{1}{S}\right), \quad \bar{\theta} = \theta_m \frac{F + \zeta}{F\zeta + 1}, \quad (4)$$

в которых

$$F = \frac{(a+b)\lambda - \theta_m}{(a+b) - \lambda\theta_m}, \quad \theta_m = 0,5 + \frac{(a+b)b}{0,5 + \sqrt{0,25 - (a^2 - b^2)}}, \quad (5)$$

$$\lambda = \frac{2R}{1 + R^2}, \quad R = \operatorname{ch} \frac{r}{\alpha}, \quad \alpha = \frac{1}{\alpha}, \quad b = \frac{1}{\beta},$$

$$\alpha = \frac{\zeta_{k(kp)}}{r} + \frac{r}{\zeta_{k(kp)}}, \quad \beta = \frac{\zeta_{k(kp)}}{r} - \frac{r}{\zeta_{k(kp)}}.$$

В формулах (3) очертание эллипсо-
 видной кривой DPC в области $t = t_1 + it_2$ при-

нято по полуэллипсу с полуосями a и b –
 по аналогии [9].

Аналитическую взаимосвязь $\zeta_k = f(W)$
 между областями комплекса Кирхгоффа
 $\zeta_k = \xi_k + i\eta_k$ (рис. 2 б) и комплексного потенциа-
 ла $W = \phi + i\psi$ (рис. 3 а) устанавливаем с уче-
 том значений функции $W, \gamma, \sigma, S, \zeta, \bar{\theta}, \theta, t, \tau, \delta$,
 определяемых по зависимостям (3) и (4) в виде

$$\zeta_k = \xi_k + i\eta_k = -ir(N^{-1} + \sqrt{N^{-2} - 1}),$$

$$N = 2 \frac{a\theta - \sqrt{\theta^2 - (a+b)^2}}{a+b}, \quad (6)$$

в которых

$$\theta = \theta_m \frac{0,5 \cdot (S + S^{-1}) + F}{1 + 0,5 \cdot F(S + S^{-1})},$$

$$S = \frac{R}{\sin \left[\frac{\pi}{H}(W - 0,5H) \right]} = \frac{R}{\sin \left[\frac{\pi}{H}(\phi + i\psi - 0,5H) \right]}. \quad (7)$$

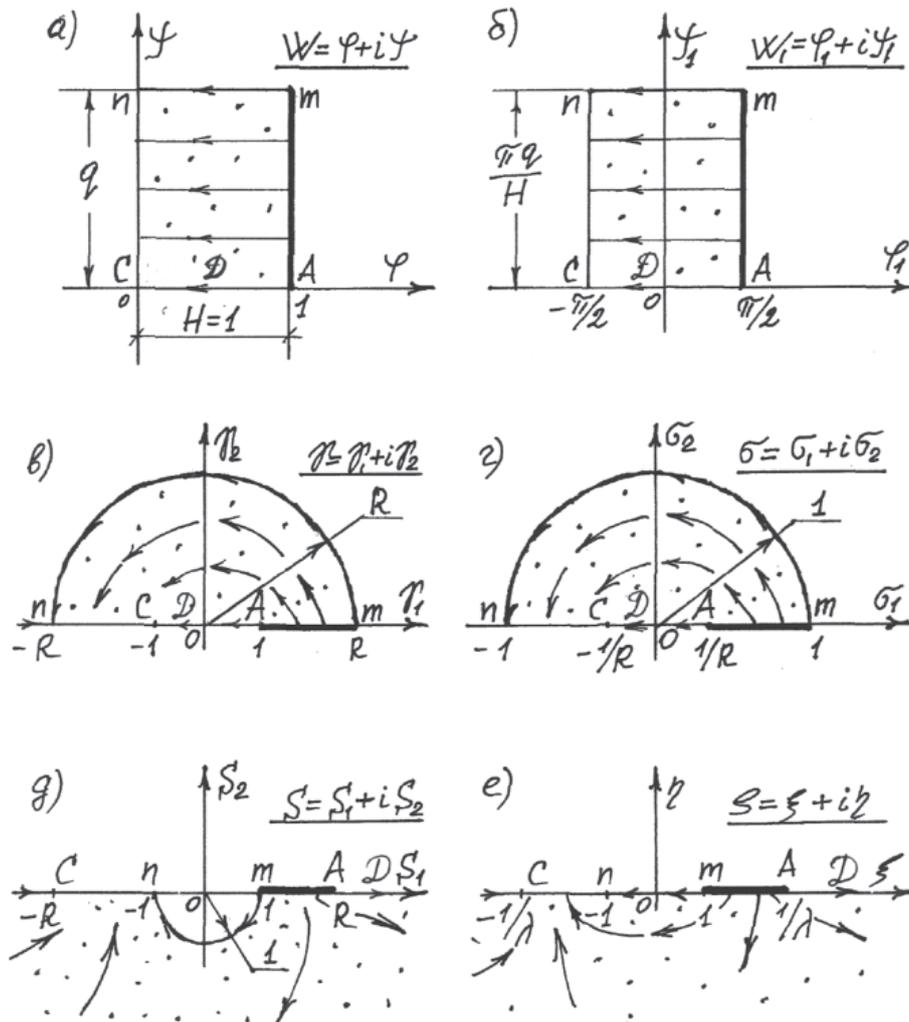


Рис. 3. Схемы последовательных конформных отображений, устанавливающих аналитическую взаимосвязь между областями комплексного потенциала (прямоугольника) $W = \phi + i\psi$ и связующей полуплоскостью $\bar{\theta} = \bar{\theta}_1 + i\bar{\theta}_2$ (рис. 2 ж)

Разделяя в (6) и (7) действительную и мнимую части и преобразовывая, получим окончательные выражения для определения значений текущих координат комплекса Кирхгоффа $\zeta_k = \xi_k(\phi, \psi) + i\eta_k(\phi, \psi)$:

$$\xi_k(\phi, \psi) = r\delta_2, \quad \eta_k(\phi, \psi) = -r\delta_1, \quad (8)$$

где

$$\delta_1 = \frac{1}{2}\tau_1 + A_1, \quad \delta_2 = \frac{1}{2}\tau_2 + B_1, \quad A_1 = \sqrt{\frac{\sqrt{A_2^2 + B_2^2} + A_2}{2}},$$

$$B_1 = \sqrt{\frac{\sqrt{A_2^2 + B_2^2} - A_2}{2}}, \quad (9)$$

$$A_2 = \frac{\tau_1^2 - \tau_2^2 - 4}{4}, \quad B_2 = \frac{\tau_1 \cdot \tau_2}{2}, \quad \tau_1 = \frac{t_1}{t_1^2 + t_2^2}, \quad \tau_2 = -\frac{t_2}{t_1^2 + t_2^2},$$

$$t_1 = \frac{a\theta_1 \pm bA_3}{a+b}$$

(«плюс» при $\theta_1 \geq 0$, «минус» при $\theta_1 < 0$),

$$t_2 = -\frac{a\theta_2 + bB_3}{a+b},$$

$$A_3 = \sqrt{\frac{\sqrt{A_4^2 + B_4^2} + A_4}{2}}, \quad B_3 = \sqrt{\frac{\sqrt{A_4^2 + B_4^2} - A_4}{2}},$$

$$A_4 = \theta_1^2 - \theta_2^2 - (a+b)^2, \quad B_4 = 2\theta_1\theta_2,$$

$$\theta_1 = \theta_m \frac{(1 + F\xi)(F + \xi) + F\eta^2}{(1 + F\xi)^2 + (F\eta)^2},$$

$$\theta_2 = -\eta \frac{(1 - \xi)(1 - F)}{(1 + F\xi)^2 + (F\xi)^2}, \quad (\bar{\theta}_1 = \theta_1, \quad \bar{\theta}_2 = -\theta_2),$$

$$\xi = \frac{S_1}{2} [1 + (S_1^2 + S_2^2)^{-1}], \quad \eta = \frac{S_2}{2} [1 - (S_1^2 + S_2^2)^{-1}],$$

$$S_1 = \frac{\sigma_1}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}, \quad S_2 = -\frac{\sigma_2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2},$$

$$\sigma_1 = \frac{\gamma_1}{R}, \quad \sigma_2 = \frac{\gamma_2}{R}, \quad \gamma_1 = \sin \phi_1 \cdot ch\psi_1, \quad \gamma_2 = \cos \phi_1 \cdot sh\psi_1,$$

$$\phi_1 = \frac{\pi}{H}(\phi - 0.5H), \quad \psi_1 = \frac{\pi}{H}\psi.$$

Результаты и обсуждение. Полученное решение рассматриваемой задачи в виде аналитической взаимосвязи $V = f(W)$, с учетом известных зависимостей для движения потенциального потока [6] $V_y = \frac{d\psi}{dx} = \frac{d\phi}{dy}$, $V_x = V^2 \frac{dx}{d\phi}$ и $V_y = V^2 \frac{dy}{d\psi}$ позволяет определять как геометрические размеры и очертание воронки выброса грунта, так и все необходимые гидромеханические характеристики

потенциального потока в ней: напорную функцию (потенциалы), функцию тока, скорости потока и др.

На рисунке 1 представлены результаты решения тестовой задачи [1, 2] по предлагаемым расчетным зависимостям при заданных исходных значениях ширины заряда $l=1$, критической скорости

$$V_{kp} = \frac{0,3}{\pi} = 0,0955 \text{ (при } r, \text{ равной } r = 0,01 \cdot \zeta_{k(kp)}).$$

В частности, рассчитанные местоположения характерных точек $D(x_D = 0; y_D = -1,4437)$, $P(x_P = 1,3760; y_P = -2,2902)$, $C(x_C = 3,5; y_C = 0)$ и очертание воронки выброса грунта дают полное совпадение с результатами строгого решения Лаврентьева-Кузнецова [1, 2].

Кроме этого, предложенное решение позволило также получить и другие гидромеханические характеристики потенциального потока в воронке выброса грунта, в том числе:

- значение полного расхода $q = 1,257$ и эпюры распределения функций тока ψ по линиям заряда Am и выходного участка nC воронки выброса (рис. 1) (кривые 4, 6);

- значения напорной функции (потенциала) ϕ в характерных точках D и P , равные $\phi_D = 0,5018$ и $\phi_P = 0,3344$, а также эпюры распределения напорной функции ϕ по осевой линии AD и очертанию воронки выброса DPC (рис. 1) (кривые 8, 10);

- значения скоростей потока V_x, V_y и V в характерных точках A, D, P, C , равные для точек $A \rightarrow V_x = 0, V_y = -0,5516$; $D \rightarrow V_x = 0, V_y = -0,0955$; $P \rightarrow V_x = 0,0955, V_y = 0$; $C \rightarrow V_x = 0, V_y = 0,0955$, и распределение их по линиям заряда Am , выходного участка nC , осевой линии AD и очертанию воронки выброса грунта DPC (рис. 1) (соответственно кривые 5, 7, 9, 11-13).

Выводы

Дано новое гидромеханическое решение расчета воронки выброса при проведении земляных работ с использованием импульсного (взрывного) воздействия на поверхность грунта. Принято известное допущение о приобретении грунтом под воздействием энергии взрыва свойств идеальной несжимаемой жидкости. Для решения указанной задачи используется метод последовательных (11) конформных отображений физической области потенциального потока, представленной в виде области обратной величины го-

дографа скорости (комплекса Кирхгофа), на область комплексного потенциала – прямоугольника. Разработана новая методика построения геометрического образа комплексного потенциала при наличии в области течения «фокусной» точки со скачкообразными изменениями напорной функции и направления скорости потока. Полученные аналитические зависимости позволяют определить очертание воронки выброса грунта и все необходимые гидромеханические характеристики потенциального потока: напорную функцию, функцию тока, скорости течения и др. Приведен численный пример расчета тестовой задачи, частный результат которого в виде очертания воронки выброса полностью совпадает с полученным профилем воронки в решении Лаврентьева-Кузнецова.

Библиографический список

1. Кузнецов В.М. О форме воронки выброса при взрыве на поверхности грунта // ПМТФ. – 1960. – № 3. – С. 152-156.
2. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Проблемы гидродинамики и их математические модели. – М.: Наука, 1977. – 407 с.
3. Анахаев К.Н. Гидромеханическое решение задачи фильтрации через перемычку с пластовым дренажем // Гидросооружения. – 2011. – № 1. – С. 27-30.
4. Анахаев К.Н. Гидромеханический расчет потенциального потока при ударе плиты о воду // ДАН. – 2012. – Т. 445. № 4. – С. 407-411.
5. Anakhaev K.N. Hydromechanical calculation of Potential Flow at plate blow about Water // Doklady Physics. 2012. V. 57. № 8. P. 307-311.
6. Павловский Н.Н. Собрание сочинений. Т. 2. Движение грунтовых вод. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956. – 771 с.
7. Анахаев К.Н. О расчете потенциальных потоков // ДАН. – 2005. – Т. 401. № 3. – С. 337-341.
8. Anakhaev K.N. Calculation of Potential Flows // Doklady Physics. 2005. V. 50. № 3. P. 154-157.
9. Анахаев К.Н. О фильтрационном расчете перемычки // Математическое моделирование. – 2011. – Т. 23. № 2. – С. 148-158.

Материал поступил в редакцию 10.05.2016 г.

Сведения об авторе

Анахаев Кошкинбай Назирович, доктор технических наук, профессор, заместитель директора по селевой проблематике Федерального государственного бюджетного учреждения «Высокогорный геофизический институт» Росгидромета (ФГБУ «ВГИ»), 360030, г. Нальчик, пр-кт Ленина, 2, ФГБУ «ВГИ»; e-mail: anaha13@mail.ru

K.N. ANAKHAEV

Federal state budget institution «High mountain geophysical institute» of Roshydromet (FSBI «VGI»), Nalchik

HYDROMECHANICAL CALCULATION OF THE EMISSION FUNNEL AT PULSE IMPACT ON THE SOIL SURFACE

There is given a new hydro mechanical solution of calculation of an emission funnel when carrying out earthwork operations in the field of hydropower and water economic construction when ditching pits and channels with usage of pulse action of power loading on the soil surface in the form of explosion that is especially actual with the availability of hardly drilled rocks, frozen soil, etc. The known assumption on the soil acquisition under the influence of explosion energy is accepted under pulse speeds, big of some critical value, properties of ideal incompressible liquid. For the solution of the specified task there is used a method of sequential (11) conformal mapping of the physical area of a potential flow presented in the form of the area of the inverse value of the speed locus of (Kirchhoff's complex) on the area of the complex potential – a rectangle. The new technique of creation of a geometrical image of complex potential with the availability in the area of flow of a "focal" point with spasmodic changes of pressure head function and direction of the flow speed is developed. The received analytical dependences allow to define an outline of the soil emission funnel of and all necessary hydro mechanical characteristics of the potential flow: pressure head function, function of current, flow speed etc. There is given a numerical example of calculation of a test task which particular result in the form of an emission

funnel outline completely coincides with the received funnel profile in the Lavrentyev-Kuznetsova's decision.

Pulse impact on soil, emission funnel, potential flow, complex variable, conformal mapping, Kirchoff's complex.

Reference

1. **Kuznetsov V.M.** O forme voronki vybro-sa pri vzryve na poverhnosti grunta // PMTF. – 1960. – № 3. – S. 152-156.
2. **Lavrentjev M.A., Shabat B.V.** Problemy gidrodinamiki i ih matematicheskie modeli. – M.: Nauka, 1977. – 407 s.
3. **Anakhaev K.N.** Gydromehanicheskoe reshenie zadachi filjtratsii cherez peremychku s plastovym drenazhem // Gydrosoooruzheniya. – 2011. – № 1. – S. 27-30.
4. **Anakhaev K.N.** Gydromehanicheskiy raschet potentsialjnogo potoka pri udare plity o vodu // DAN. – 2012. – T. 445. № 4. – S. 407-411.
5. **Anakhaev K.N.** Hydromechanical calculation of Potential Flow at plate blow about Water // Doklady Physics. 2012. V. 57. № 8. P. 307-311.
6. **Pavlovsky N.N.** Sobranie sochineniy. T. 2. Dvizhenie gruntovyh vod. – M.-L.: Izd-vo AN SSSR, 1956. – 771 s.
7. **Anakhaev K.N. Анахаев К.Н.** О расчете потенциальных потоков // ДАН. – 2005. – Т. 401. № 3. – С. 337-341.
8. **Anakhaev K.N.** Calculation of Potential Flows // Doklady Physics. 2005. V. 50. № 3. P. 154-157.
9. **Anakhaev K.N. Анахаев К.Н.** О фильтрационном расчете перемычки // Математическое моделирование. – 2011. – Т. 23. № 2. – С. 148-158.

The material was received at the editorial office
on 10.05.2016

Information about the author

Anakhaev Koshkinbaj Nazirovich, doctor of technical sciences, professor, deputy director on the mud-flow problem, Federal state budget institution «High mountain geophysical institute» of Roshydromet (FSBI «VGI»), 360030, Nalchik, pr-t Lenina, 2, FSBI «VGI»); e-mail: anaha13@mail.ru

УДК 502/504:631.674

П.А. МИХЕЕВ, Н.А. ИВАНОВА

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования
«Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова Донской ГАУ», г. Новочеркасск, Россия

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ ОСНОВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР СОВРЕМЕННОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ ТЕХНИКОЙ В УСЛОВИЯХ ЮГА РОССИИ

В 2013-2015 гг. проведены исследования по разработке и научному обоснованию режимов орошения кукурузы на зерно, картофеля, лука и моркови в связи с появлением на орошаемых землях Ростовской области современных дождевальных машин Valley и Reinke кругового и фронтального действия, с необходимостью их адаптации к условиям юга России. В результате установлено, что научно обоснованные режимы орошения обеспечивают прибавку урожайности сельскохозяйственных культур в засушливые вегетационные периоды в сравнении с производственными посевами от 7,7 до 19,9%, что является существенным показателем правильного орошения для дождевальных машин Valley и Reinke; оказывают влияние не только на урожайность сельскохозяйственных культур, но и на технико-экономические показатели. Высокая прибыль на единицу площади и единицу оросительной воды получена при возделывании кукурузы на зерно на опытно-производственном участке, орошаемом дождевальными машинами Reinke, составив в среднем за три года соответственно 49,1 тыс. руб/га и 16,7 руб/м³; картофеля – 356,5 тыс. руб/га и 71,8 руб/м³; лука – 395,8 тыс. руб/га и 71,8 руб/м³; моркови – 324,7 тыс. руб/га и 61,9 руб/м³. Разработанные в результате исследований научно обоснованные режимы орошения внедрены в центральной орошаемой и южной зонах Ростовской области на площади 1357,8 га, обслуживаемой дождевальными машинами Valley и Reinke кругового и фронтального действия.

Орошение, режим орошения, дождевальные машины, сельскохозяйственные культуры, порог увлажнения, поливная норма, оросительная норма.

Введение. В настоящее время, с приходом на орошаемые земли Ростовской области современной дождевальной техники, возникла необходимость её адаптации к почвенно-климатическим условиям региона, что и явилось основанием для проведения научно-исследовательских работ в 2013-2015 гг., по результатам которых разработаны рекомендации по научно-обоснованным режимам орошения кукурузы на зерно, картофеля, лука и моркови современными дождевальными машинами (ДМ) Valley и Reinke кругового и фронтального действия в условиях центральной орошаемой зоны Ростовской области [1].

Наибольшее распространение в области для орошения сельскохозяйственных

культур получили дождевальные машины производства компаний Valley и Reinke. Их количество в текущем году достигло 113 ед. из 179 ед. зарубежной дождевальной техники. Это позволило обосновать выбор дождевальных машин Valley и Reinke для проведения исследований по разработке и научному обоснованию режимов орошения кукурузы на зерно, картофеля, лука и моркови, так как эти дождевальные машины составляют более 60% от общего количества зарубежной дождевальной техники на орошаемых землях Ростовской области. Кроме того, дождевание с применением самоходных круговых и фронтальных машин является наиболее распространённым способом орошения в индустриальном сельском хозяйстве [2].

Вышеназванные дождевальные машины имеют такие достоинства [2], как:

- низкие затраты труда и применимость на больших площадях, практическая пригодность для орошения всех видов сельскохозяйственных культур;

- способность работать на склонах до 15%;

- сравнительное низкое давление на входе – 2,5...3,0 атм.;

- возможности внесения удобрений и средств защиты растений через систему орошения;

- хорошее качество дождя.

Данные машины применяются для орошения всевозможных видов площадей, так как имеют множество опций.

Цель и научная новизна исследований. Исследования проводились с целью разработки научно обоснованных рекомендаций по режимам орошения основных сельскохозяйственных культур современной дождевальной техникой в условиях юга России.

Научная новизна заключается в комплексном подходе, включающем в себя инновационные мелиоративные мероприятия при разработке научно обоснованных режимов орошения основных сельскохозяйственных культур современной дождевальной техникой.

Объекты и методика исследований. В Ростовской области выделяют 6 основных

природно-сельскохозяйственных зон, в которые входит и центральная орошаемая зона, представленная Волгодонским, Мартыновским, Пролетарским, Семикаракорским, Багаевским и Весёловским районами.

Сельхозпредприятия, которые являлись объектами-представителями для проведения исследований в 2013-2015 гг., расположены в центральной орошаемой зоне Ростовской области. При выборе объектов-представителей учитывались следующие показатели: местоположение в центральной орошаемой зоне; наличие необходимой дождевальной техники, а именно: Valley и Reinke кругового и фронтального действия; возделываемые культуры – кукуруза на зерно, картофель, лук, морковь; применение современных технологий возделывания; обеспеченность хозяйств сельхозтехникой и другими ресурсами.

Почвы опытных участков в ООО «Золотовское», КФХ «Юзефов Н.Н.», ООО «Исток-1» Семикаракорского района; ООО «Светлогорское» Багаевского района представлены обыкновенными чернозёмами [3, 4].

В целом на территории Ростовской области наблюдается значительная направленность распределения тепла и влаги, а также сильная изменчивость их в течение года и по годам. Метеоусловия, сложившиеся в вегетационные периоды 2013-2015 гг., представлены в таблице.

Таблица

Метеорологические показатели в сравнении со среднемноголетними данными, метеостанция Семикаракорск, 2013-2015 гг.

Климатические показатели	Год	Месяц						Среднее за вегетационный период
		04	05	06	07	08	09	
Среднесуточная температура воздуха, °С	2013	12,1	21,1	23,0	24,3	24,6	14,9	20,0
	2014	9,7	19,1	20,8	24,4	25,0	17,4	19,4
	2015	9,8	16,2	23,0	24,4	24,3	21,2	20,0
	Средние многолетние данные	10,2	16,5	20,5	23,5	22,6	16,4	18,3
Осадки, мм	2013	10,5	1,5	36,0	29,7	34,4	98,8	210,9
	2014	33,0	37,0	45,0	41,0	0,5	21,0	177,5
	2015	52,0	71,0	34,0	21,0	20,0	7,0	205,0
	Средние многолетние данные	33,0	37,0	45,0	38,0	36,0	29,0	218,0
Относительная влажность воздуха, %	2013	63	54	53	48	50	77	58
	2014	66	65	57	48	46	54	56
	2015	65	67	59	51	38	49	55
	Средние многолетние данные	67	59	56	53	54	59	58

В целом вегетационные периоды в ходе исследований можно охарактеризовать как очень засушливые: в 2013 г. ГТК = 0,59; в 2014 г. ГТК = 0,50; в 2015 г. ГТК = 0,58.

Источниками орошения сельхозпредприятий являются Донской магистральный канал (ООО «Золотовское»), Багаевский канал (ООО СХП «Светлогорское»), Багаевско-Садковская оросительная система (КФХ «Юзефов Н.Н.»), Нижне-Донской канал (ООО «Исток-1»). Вода для орошения использовалась из Цимлянского водохранилища, минерализация её составила 0,4 г/л, рН = 7,33, что вполне пригодно для орошения [3].

Показатели наименьшей влагоёмкости в слое почвы 0...40 см составляли 28,9...29,7%, 0...50 см – 28,2...28,5%, 0-60 см – 28,1...28,4%. Плотность почвы в слое 0...40 см составляла 1,21...1,30 г/см³, 0-50 см – 1,23...1,32 г/см³, 0-60 см – 1,24...1,33 г/см³.

Результаты анализа водной вытяжки показали, что мелиоративное состояние опытно-производственных участков (ОПУ) является благополучным, содержание солей как в пахотных, так и в подпахотных горизонтах почвы – невысоким, почвы вполне пригодны для возделывания сельскохозяйственных культур. Грунтовые воды находятся ниже 5...10 м и влияния на сельскохозяйственные культуры не оказывают.

Существуют несколько способов определения влажности почвы, но более точным и широко распространённым является термостатно-весовой метод. После посева (посадки) сельскохозяйственной культуры рекомендуется определить начальные запасы влаги в активном слое почвы, т.е. отобрать почву на влажность через каждые 10 см на глубину активного слоя почвы [4].

Определять влажность почвы следует в динамике перед поливом и через каждые сутки после него, а также после выпадения эффективных осадков более 5 мм. Сроки определения влажности почвы должны обеспечивать возможность расчёта сроков и норм полива. Наблюдение за динамикой влажности почвы следует проводить в период вегетации сельскохозяйственных культур.

На посевах картофеля влажность почвы следует поддерживать в расчётном слое 0...60 см на уровне 80...90% НВ, на посевах лука и моркови в слое 0...50 и 0...60 см соответственно влажность почвы рекомендуется поддерживать на уровне 80...90% НВ, на посевах кукурузы на зерно в расчётном слое 0...60 см – 75...90% [5].

Установление научно обоснованных режимов орошения кукурузы на зерно, картофеля, лука и моркови при поливах дождевальными машинами Reinke и Valley кругового и фронтального действия проводилось в соответствии с общепринятыми методиками [6, 7].

В начале вегетационного периода сельскохозяйственных культур рекомендуется рассчитать начальные влагозапасы по формуле (1):

$$W_n = 100 \cdot h \cdot a \cdot \beta_n, \quad (1)$$

где W_n – начальные влагозапасы в почве, м³/га; h – расчётный слой увлажнения почвы, м; a – плотность почвы в расчётном слое, г/см³; $\beta_{нв}$ – влажность почвы, равная наименьшей влагоёмкости, % от сухой массы почвы.

Зная запасы продуктивной влаги в почве, среднесуточную температуру воздуха, осадки в начале вегетационного периода, рассчитывается срок очередного полива. Испарение рассчитывается по методу водного баланса по следующей формуле:

$$E = (W_n - W_k) + 10P + K, \quad (2)$$

где $W_{нп}$, W_k – начальные и конечные влагозапасы в почве за расчётный период (7...10 дней), м³/га; R – сумма осадков за тот же период, м³/га; K – капиллярное подпитывание при близком (менее 3 м) залегании грунтовых вод, м³/га.

Величина капиллярного подпитывания ($K_{сум}$) определяется по формуле (3):

$$K_{сут} = K_{сп} \cdot E_{сут}, \quad (3)$$

где $K_{сп}$ – коэффициент использования грунтовых вод.

Конечные влагозапасы определяются по формуле (1) или из формулы (2) водного баланса:

$$W_k = W_n + 10P + K - E_{ср,сут}, \quad (4)$$

Как только суммарное испарение за сутки превысит запас продуктивной влаги, соответствующей влажности в активном слое почвы 80% НВ, назначается полив. Норма полива рассчитывается по формуле (5):

$$m = 100 \cdot h \cdot a \cdot (\beta_{нв} - \beta_{0,8НВ}), \quad (5)$$

где $\beta_{нв}$ – влажность, соответствующая наименьшей влагоёмкости в расчётном слое почвы; $\beta_{0,8НВ}$ – влажность, соответствующая предполивному порогу 80% НВ в активном слое почвы.

Результаты исследований. В период вегетации важное значение имеет правильное определение нижнего порога увлажнения, при достижении которого и рекомендуется очередной полив. Порог выражается в процентах от наименьшей влагоёмкости (НВ). В условиях засушливого вегетационного периода рекомендуется поддерживать предполивной порог влажности почвы для кукурузы в слое 0...60 см не ниже 70...75% НВ, картофеля – не ниже 80% НВ в слое 0...60 см, для лука – 80% НВ в слое 0...50 см, моркови летней посадки – не ниже 80...85% НВ в слое почвы 0...60 см [8, 9].

Поддержание заданных порогов влажности в активном слое почвы обеспечивается при орошении ДМ Reinke в засушливые вегетационные периоды (ГТК – 0,59) проведением на посевах кукурузы на зерно 7 вегетационных поливов поливной нормой от 240 до 500 м³/га. Оросительная норма составляет 3040 м³/га, при ГТК – 0,50-6 вегетационных поливов поливной нормой от 300 до 500 м³/га, оросительная норма – 2400 м³/га, при ГТК – 0,58-8 вегетационных поливов поливной нормой от 350 до 450 м³/га, оросительная норма – 3400 м³/га [10].

На посевах картофеля при поливах ДМ Valley и Reinke кругового и фронтального действия рекомендуется при ГТК 0,59 проводить от 9 до 16 поливов поливной нормой от 100 до 500 м³/га, оросительная норма составит 3160...5880 м³/га, при ГТК 0,50 – от 15 до 18 поливов поливной нормой от 150 до 500 м³/га, оросительная норма – 4300...5750 м³/га, при ГТК 0,58 – от 9 до 21 вегетационного полива поливной нормой от 100 до 400 м³/га, оросительной нормой – 2950...5660 м³/га.

На посевах лука под ДМ Valley кругового действия при ГТК 0,59 следует проводить 24 полива поливной нормой от 80 до 400 м³/га, оросительная норма составляет 5680 м³/га, при ГТК 0,50-23 вегетационных полива поливной нормой от 120 до 300 м³/га, оросительная норма – 5330, м³/га, при ГТК 0,58-27 вегетационных поливов поливной нормой от 100 до 350 м³/га, оросительная норма составит 5570 м³/га.

На посевах моркови летней посадки при ГТК 0,59 следует проводить 50 поливов поливной нормой от 40 до 300 м³/га, оросительная норма составляет 4300 м³/га, при ГТК 0,50-58 вегетационных поливов нормой от 100 до 300 м³/га, оросительная норма – 8000, м³/га, при ГТК 0,58-33 вегетационных

полива нормой от 100 до 300 м³/га, оросительная норма составит 5610 м³/га.

Следует также иметь в виду, что вегетационные поливы необходимо проводить в строго установленные сроки, и особенно – в критические фазы роста и развития растений. Несвоевременное проведение поливов ведёт к снижению урожайности на 10...15% [11, 12].

Зная количество осадков за вегетационный период, используемые растениями продуктивные запасы влаги, оросительную норму, можно определить суммарное водопотребление, которое даёт конкретное представление о потребности в воде той или иной культуры для создания определённой урожайности.

Суммарное водопотребление определяется по формуле (6):

$$E = (W_H - W_K) + P + M_{op}, \text{ м}^3/\text{га}. \quad (6)$$

Определив суммарное водопотребление, устанавливаем расход влаги на создание 1 т продукции (коэффициент водопотребления) по формуле (7)

$$k = \frac{ET}{Y}, \text{ м}^3/\text{т}. \quad (7)$$

Чем ниже коэффициент водопотребления, тем эффективнее использовалась влага на создание 1 т продукции.

Назначение поливов согласно разработанным рекомендациям позволит поддерживать оптимальный режим орошения, обеспечивающий получение высокой и устойчивой урожайности сельскохозяйственных культур для различных по климатическим условиям вегетационных периодов.

Прибавка урожайности в среднем за три года в засушливые вегетационные периоды за счёт научно обоснованных режимов орошения составила на посевах кукурузы на зерно при орошении ДМ Reinke фронтального действия 1,2 т/га, или 12,6%; на посевах картофеля наибольшая прибавка урожайности составила 10,1 т/га, или 19,9%. Прибавка урожайности на луке и моркови летней посадки при орошении ДМ Valley кругового действия составила соответственно 6,4 и 7,8 т/га, или 7,7 и 13,2%.

Выводы

Проведённые исследования позволили установить, что научно обоснованный режим орошения обеспечивает прибавку урожай-

ности сельскохозяйственных культур в засушливые вегетационные периоды в сравнении с производственными посевами от 7,7 до 19,9%. Это является существенным показателем правильного орошения современными дождевальными машинами кругового и фронтального действия Valley и Reinke.

Научно обоснованные режимы орошения оказывали влияние не только на урожайность сельскохозяйственных культур, но и на технико-экономические показатели при поливах ДМ Valley и Reinke кругового и фронтального действия. Высокая прибыль на единицу площади и единицу оросительной воды получена при возделывании кукурузы на зерно на ОПУ под ДМ Reinke и составила в среднем за три года соответственно 49,1 тыс. руб/га и 16,7 руб/м³, картофеля – 356,5 тыс. руб/га и 71,8 руб/м³, на луке – 395,8 тыс. руб/га и 71,8 руб/м³, моркови – 324,7 тыс. руб/га и 61,9 руб/м³.

Разработанные в результате исследований научно обоснованные режимы орошения внедрены в центральной орошаемой и южной зонах Ростовской области на площади 1357,8 га, обслуживаемой дождевальными машинами Valley и Reinke кругового и фронтального действия.

Библиографический список

1. **Дубенок Н.Н.** Мелиорация земель – основа успешного развития агропромышленного комплекса // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 3. – С. 7-9.
2. **Иванова Н.А., Дутова А.В., Маркина Л.П.** Методические указания по использованию современных дождевальных машин для орошения сельскохозяйственных культур. – Новочеркасск: Новочеркасская гос. мелиор. акад., 2013. – 28 с.
3. **Михеев П.А.** О состоянии и роли водно-мелиоративного комплекса в инновационном развитии аграрного сектора Ростовской области // Междунар. сб. науч. тр. Донской аграрной науч. – практ. конф. «Инновационные пути развития агропромышленного комплекса: задачи и перспективы» /

ФГБОУ ВПО АЧГАА. – Зерноград: «Терра», 2012. – С. 358-365.

4. **Роде А.А.** Основы учения о почвенной влаге в 2-х т. Т 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1992. – 137 с.

5. **Методические указания по проведению полевых опытов / ВНИИК.** – М.: ВНИИК, 1983. – 197 с.

6. **Горянский М.М.** Методика полевых опытов на орошаемых землях. – М.: Урожай, 1970. – 172 с.

7. **Плешаков В.Н.** Методика полевого опыта в условиях орошения. – Волгоград: ВНИИОЗ, 1983. – 147 с.

8. **Шумаков Б.Б.** Мелиорация и водное хозяйство // Орошение: Справочник. Т. 6. – М.: Агропромиздат, 1990. – 415 с.

9. **Костяков А.Н.** Основы мелиораций. – М.: Сельхозиздат, 1960. – 750 с.

10. **Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013-2020 годы:** В 3 ч. Ч. 1. – Ростов-на-Д: Мин-во сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области, 2013. – 240 с.

11. **Методика по наблюдению за влажностью почв на орошаемых землях.** – Новочеркасск: ЮжНИИГиМ, 1963. – 23 с.

12. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

Материал поступил в редакцию 30.05.2016 г.

Сведения об авторах

Михеев Павел Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры гидротехнических сооружений и строительной механики, НИМИ ФГБОУ ВО ДГАУ, 346428, г. Новочеркасск Ростовской области, ул. Пушкинская, 111; тел.: (8635) 22-21-70; e-mail: rekngma@magnet.ru

Иванова Нина Анисимовна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры почвоведения, орошаемого земледелия и геодезии, НИМИ ФГБОУ ВО ДГАУ, 346428, г. Новочеркасск Ростовской области, ул. Пушкинская, 111; тел.: (8635) 22-27-29; e-mail: ngma-nauka@yandex.ru

P.A. MIKHEEV, N.A. IVANOVA

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute of Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

SCIENTIFIC BASIS FOR IRRIGATION REGIME OF THE MAIN CROPS BY MODERN IRRIGATION TECHNOLOGY IN SOUTH OF RUSSIA

The appearance of modern sprinkle machines, such as, Reinke and Valley of circular and front actions on the Rostov region's irrigated lands, led to the necessity of their adaptation to the

south conditions of Russia. This was the basis to carry in 2013-2015 the research in development and scientific rationale of irrigation regime of grain maize, potatoes, onions and carrots. As the result, it was established, that the evidence-based irrigation regimes provide the increase in the yield of crops in dry, growing periods, in comparison with the production of crops from 7,7 to 19,9%, which is the significant parameter of proper irrigation by modern sprinkle machines, such as, Reinke and Valley. Scientific basis for irrigation regimes had their impact not only on crop yields, but also on the technical and economic parameter, when the sprinkle machines Reinke and Valley of circular and front action irrigated the land. High profit per the area and the irrigation water unit, is received by grain maize cultivation on the experimental land, irrigated by sprinkle machine Reinke, and is amounted 49,100 Rub/ha, and 16, 7 Rub/m³ for the three years. Potatoes – 356,500 Rub/ha and 71, 8 Rub/m³ onion – 395,800 Rub/ha and 71,8 Rub/m³ and carrots – 324,700 Rub/ha and 61,9 Rub/m³ for the three years. The evidence-based irrigation regime, developed through this research, is used in the Central and Southern irrigated areas of the Rostov region, on the area – 1357,8 ha, and carried by the irrigation machines, Reinke Valley of circular and frontal action.

Irrigation, irrigation regime, irrigation machines, crops, the moisture limit, irrigation rate, irrigation norm.

References

1. **Dubenok N.N.** Land reclamation is the basis for the successful development of agriculture // Land reclamation and water management. – 2013. – № 3 – P. 7-9.
2. **Ivanova N.A., Dutova A.V., Markina L.P.** The methodical instructions for the use of modern sprinkle machines for irrigation of agricultural crops // Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Academy. – Novocherkassk, 2013. – 28 p.
3. **Mikheev P.A.** The state and the role of water reclamation complex in the innovative development of agricultural sector of Rostov region / The Don Agrarian Scientific-practical Conference «Innovative ways of agro-industrial complex development: problems and prospects»: collection of scientific works / FSBEI HPE ACHSAA. – Zernograd: Publishing house «Terra», 2012. – P. 358-365.
4. **Rode A.A.** Fundamentals of soil moisture in 2 volumes. V. 1. – L.: Gidrometeoizdat, 1992. – 137 p.
5. **The methodological instructions on carrying out the field experiments / VNI-IIIK.** – M.: VNIIIIK, 1983. – 197 p.
6. **Goryansky M.M.** Methods of field experiment on irrigated land. – M.: The Harvest, 1970. – 172 p.
7. **Pleshakov V.N.** Methods of field experiment under the irrigation. – Volgograd: VNIIOZ, 1983. – 147 p.
8. **Shumakov B.B.** Land reclamation and water management // V. 6. Irrigation: scientific reference. – M.: Agropromizdat, 1990. – 415 p.
9. **Kostyakov A.N.** The base of land reclamation. – M: Sel'hozizdat, 1960. – 750 p.
10. **Zonal system of agriculture in Rostov region for 2013-2020:** In 3 parts. Part 1. – Rostov-on-Don: The RF Ministry of agriculture and food of Rostov region, 2013. – 240 p.
11. **Methods for monitoring soil moisture on irrigated lands.** – Novocherkassk: YUzhNIIGim, 1963. – 23 p.
12. **Dospekhov B.A.** Methods of field experiment. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 p.

Information about the authors

Mikheev Pavel Aleksandrovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of hydraulic structures and structural mechanics; NEMI FSBEI HE DSAU; 346428, Novocherkassk, Rostov region, ul. Pushkinskaya, 111; tel.: (8635) 22-21-70; e-mail: rekngma@magnet.ru

Ivanova Nina Anisimovna, doctor of agricultural sciences, professor of the chair of soil science, irrigated agriculture and geodesy; NEMI FSBEI HE DSAU; 346428, Novocherkassk, Rostov region, ul. Pushkinskaya, 111; tel.: (8635) 22-27-29; e-mail: ngma-nauka@yandex.ru

УДК 502/504:631.6

С.А. МАКСИМОВ

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

УПРАВЛЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫМ ГИДРОФИЗИЧЕСКИМ БАРЬЕРОМ ПРИ СОЗДАНИИ ЦЕЛЕВЫХ ИСКУССТВЕННЫХ ПОЧВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ*

В статье развивается идея о том, что сущность мелиорации заключается в управлении почвенными процессами. Показано, что эта идея имеет решающее значение не только при мелиорации сельскохозяйственных земель, но и при создании искусственных почвенных конструкций, для которых важно определить слоистую структуру и свойства слоёв заранее. Слоистые почвенные конструкции используются для развития паркового газонного хозяйства, при создании оснований «зелёных стоянок» для автомобилей, для создания «зелёных крыш» на зданиях и сооружениях при озеленении городской инфраструктуры, в тепличном хозяйстве, при выращивании растений в закрытом грунте и проч. Приводятся результаты моделирования вертикального гидрофизического барьера и проводится анализ их функционирования. Предлагаемый в статье подход позволяет создавать искусственные почвенные конструкции с заданными свойствами. Идея управления водным режимом и барьерными свойствами искусственной почвенной конструкции позволяет обеспечивать её эффективное функционирование на протяжении всего периода эксплуатации таких объектов. Для варианта «Зелёная крыша» предлагается следующая конструкция: верхний слой – почвенный субстрат на основе кварцевого отмытого речного песка (20% от объёма) с добавлением торфяной крошки (40% от объёма) и мелкозернистого (15 мм) перлита (40% от объёма). Поливные маты, например, ЕСО-МАТ16 (Hunter). Раздельный выравнивающий песчаный слой 15...20 мм. Противокорневой слой из геотекстиля. Дренажный слой, Floradrain, система подогрева. Такое решение представляется оптимальным по своим технологическим и эксплуатационным качествам, а также позволяет создавать и поддерживать необходимые растениям водно-воздушный и питательный режимы. Этот подход к созданию многослойных искусственных конструкций и управление работой совокупности гидрофизических барьеров реализованы нами (совместно с И.В. Корнеевым и А.Н. Данильченко) в проекте «ЗЕЛЕНАЯ КРЫША» разработанном в 2011 г. для эспланады башни «ИСЕТЬ» в Екатеринбурге.

Искусственные почвенные конструкции, мелиорация, биогеохимический барьер, режим полива, барьерные свойства.

Введение. Идея создания искусственных слоистых почво-подобных структур, представляющих собой совокупность вертикальных гидрофизических барьеров, а также управления ими может быть эффективно применена при разработке слоистых почвенных конструкций, которые все чаще используются для развития паркового газонного хозяйства, при создании оснований «зелёных стоянок» для автомобилей, для создания «зелёных крыш» на зданиях и сооружениях при озеленении городской инфраструктуры и проч. [1, 2]. Такие почвенные конструкции по сути являются искусственно воссозданной почвой или биогеохимическим

барьером [4] с заранее определёнными свойствами.

Материалы и методы исследований. Современные методы моделирования потоков веществ и воды в различных пористых средах позволяют уже на предпроектной стадии подобрать такое сочетание элементов слоистой структуры, которое бы обеспечивало эффективное функционирование этих объектов в течение всего срока жизни проекта.

Рассмотрено несколько вариантов подбора параметров целевых искусственных конструкций для следующих объектов: «Зелёная стоянка», газон, «Зелёная крыша».

*Материал представлен в форме доклада 01.06.2016 г. на пленарном заседании конференции, посвященной 50-летию программы «О широком развитии мелиорации земель».

Искусственные почвенные конструкции для рассматриваемых объектов: «Зелёная стоянка», газон, «Зелёная крыша» – должны иметь определённую внутреннюю структуру с определёнными свойствами, которые позволяют выполнять ожидаемые практические задачи. Внутренняя структура искусственных почвенных конструкций характеризуется набором параметров, к которым можно отнести морфометрические параметры (толщину и сочетания отдельных горизонтов), водно-физические параметры отдельных слоёв и всей конструкции в целом, физические и биохимические параметры. Анализ таких параметров проводится по результатам серии прогнозных расчётов с использованием математической модели влагопереноса и программы «Полив», разработанной на кафедре мелиорации и рекультивации земель А.И. Головановым [3].

Эффективная работа искусственных почвенных конструкций для каждого из выбранных объектов обеспечивается несущей способностью всей конструкции, сорбционными свойствами, дренирующей и водоудерживающей способностью, плодородием отдельных слоёв или всей совокупности.

Подбор параметров почвенной конструкции осуществлялся для каждого объекта отдельно. Так, для «зелёной стоянки» определяющими параметрами конструкции являются несущая способность и хорошая дренируемость. Для газона в парке особое внимание уделяется плодородным и сорбционным свойствам при ограниченной толщине почвенной конструкции. Для «зелёной крыши» определяющими свойствами являются сорбционные, водоудерживающие и дренирующие свойства при ограниченной толщине почвенной конструкции.

Подбор параметров почвенной конструкции в работе осуществляется в условиях расчётной нагрузки, для которой является критичным количество поступающей влаги как в результате естественных причин, так и при проведении поливов. Количество влаги в почвенной конструкции и динамика влагозапасов определяются дефицитом (профицитом) влаги в расчётном году. В мелиорации существует понятие «годы расчётной обеспеченности», к которым относят обеспеченность 75% (среднесухой год) и 10% (влажный год). Под обеспеченностью понимается вероятность превышения расчётного дефицита влаги. При проведении расчётов по подбору морфометрических и воднофизи-

ческих параметров почвенных конструкций были использованы обеспеченности 10% и 75%.

Для каждого варианта расчёта, исходя из назначения объекта, установили морфометрические параметры почвенной конструкции. При этом для всех расчётов была использована трёхслойная схема в различных вариантах. Так, для газона, слой А, – плодородный слой мелкозёма с хорошими сорбционными свойствами, но при этом обладающий относительно хорошей проницаемостью; слой В – подстилающий транзитный горизонт – легко и среднесуглинистый; слой С – дренирующий горизонт – песчано-гравийный слой с размещёнными в нем горизонтальными трубчатыми дренами. Для «зелёной стоянки» слой А – хорошо дренирующий, армированный пластиковым каркасом, обладающий относительным плодородием; слой В – транзитный слой, обладающий хорошей несущей способностью и легко дренируемый (песчаный и супесчаный горизонт); слой С – дренирующий горизонт – песчано-гравийный слой с размещёнными в нем горизонтальными трубчатыми дренами. Для «зелёной крыши» слой А – относительно мелкий слой, обладающий плодородием и высокой удерживающей способностью (предположительно представляющий собой смесь плодородного мелкозёма, торфяной крошки, перлитового субстрата и мелкозернистого песка); слой В – хорошо дренирующий слой (хорошо искусственно структурированный слой мелкозёма, обогащённый вермикултурой, в этом горизонте на верхней границе размещается специальное поливочное полотно EсоMat); слой С – дренирующий слой (представляет собой гофрированное пластиковое полотно, покрытое сверху геотекстилем, в нижней части дренажное полотно сопрягается с дренажными трубками).

Результаты исследований. Для выбранных слоистых почвенных конструкций были подобраны значения характеристик водно-физических свойств каждого слоя.

Для «зелёной стоянки» используется почвенная конструкция, верхний слой которой армируется георешеткой (рис. 1). Конструкции с газонными решётками предназначены для озеленённых участков с повышенным уплотняющим воздействием. Газонные решётки представляют собой модульные покрытия (форма «соты»), обладающие высокой устойчивостью к механи-

Таблица 2

Водно-физические свойства горизонтов почвенной конструкции для газона

Слой \ Параметры	$P, \text{ м}_в^3/\text{м}^3$	$\omega_m, \text{ доли } P$	$h_k, \text{ м}$	$k_f, \text{ м/сут.}$
A = 0,4 м	0,45	0,09	1,4	0,35
B = 0,4 м	0,45	0,08	1,6	0,65
C = 0,4 м	0,32	0,08	1,2	1,0

Почвенная конструкция для создания «зелёной крыши» представляет собой фактически искусственную тонкослойную систему, состоящую из слоёв с предварительно определёнными свойствами.

При создании искусственных почвенных конструкций нежелательно использовать естественные почвы, супесчаные и суглинистые грунты, поскольку они подвержены переуплотнению, требуют дополнительной обработки и рыхления, заиливают систему дренажа.

ческим нагрузкам, которые укладываются на поверхность плодородного слоя с посевом многолетних трав. Газонные решётки, придающие травяному покрытию высокую устойчивость к механическим нагрузкам, предназначены для применения на автомобильных стоянках, пешеходных дорожках, подъездных путях.

Таблица 1

Водно-физические свойства горизонтов почвенной конструкции «Зелёная стоянка»

Слой \ Параметры	$P, \text{ м}_в^3/\text{м}^3$	$\omega_m, \text{ доли } P$	$h_k, \text{ м}$	$k_f, \text{ м/сут.}$
A = 0,2 м	0,52	0,08	2,5	0,2
B = 0,3 м	0,38	0,07	0,9	0,8
C = 0,3 м	0,35	0,06	0,4	1,4

Для устройства газона предлагается почвенная конструкция с заранее используемой почвенной конструкцией (рис. 2).



Рис. 1. Схема конструкции с газонными решётками

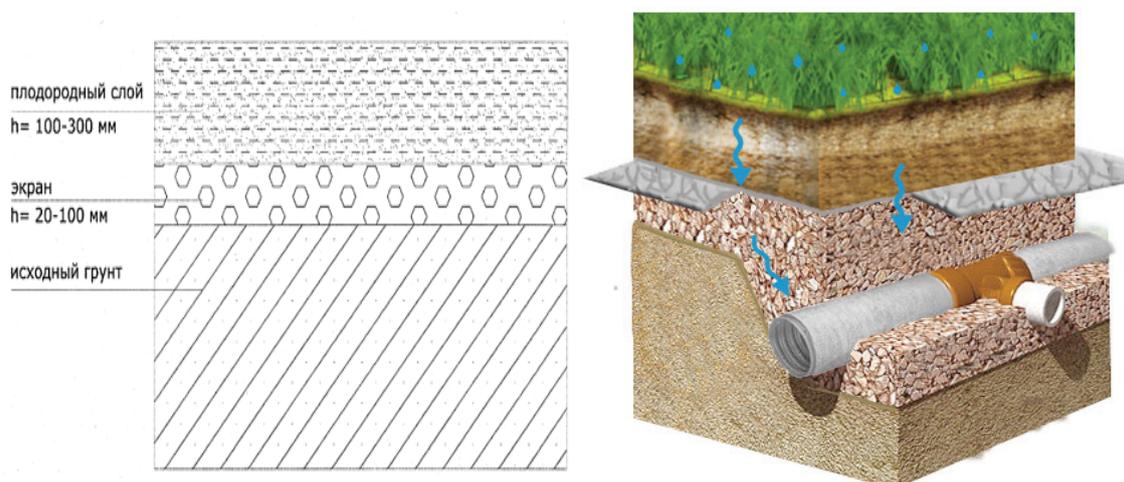


Рис. 2. Схема сплошной почвенной конструкции для устройства газонов

Нами предлагается конструкция, изображенная на рисунке 3:

- Почвенный субстрат.
- Поливные маты, например, ECO-MAT16 (Hunter).
- Раздельный выравнивающий песчаный слой 15...20 мм.
- Противокорневой слой из геотекстиля.
- Дренажный слой Floradrain.
- Система подогрева.

Такое решение представляется оптимальным по своим технологическим и эксплуатационным качествам. Оно также позволяет создавать и поддерживать необходимые растениям водно-воздушный и питательный режимы.

Верхний слой – почвенный субстрат на основе кварцевого отмытого речного песка (20% от объёма) с добавлением торфяной крошки (40% от объёма) и мелкозернистого (15 мм) перлита (40% от объёма).

Вода и растворы питательных веществ впитываются перлитом (100 г перлита могут вобрать до 400 мл воды) и постепенно отдаются растению. При этом достигается сокращение количества поливов, экономия воды (уменьшаются потери воды от испарения и дренажа)

и удобрений (не вымываются). Излишне внесённые удобрения впитываются и постепенно отдаются растениям. Повышается пористость и рыхлость, а значит, воздухопроницаемость, предотвращается слеживание, комкование, уплотнение, затверждение почвы, образование поверхностной корки. Кроме кондиционирования почвы, перлит защищает корневую систему от внешних перепадов температуры. Субстрат с перлитом меньше охлаждается в холодное время и не перегревается в жаркие периоды, сглаживаются суточные колебания температуры. За счёт низкой теплопроводности перлита предотвращается вымерзание корневой системы в ранневесенний период (при высадке рассады) и при зимовке растений в открытом грунте (с применением укрывных материалов).

Перлит является экологически чистым и стерильным материалом, нетоксичен, не содержит тяжёлых металлов. Применение перлита снижает общий вес субстрата, что уменьшает нагрузку на кровлю сооружения. В таблицах 3, 4 приведены значения водно-физических характеристик горизонтов целевой почвенной конструкции при устройстве «зелёной крыши».

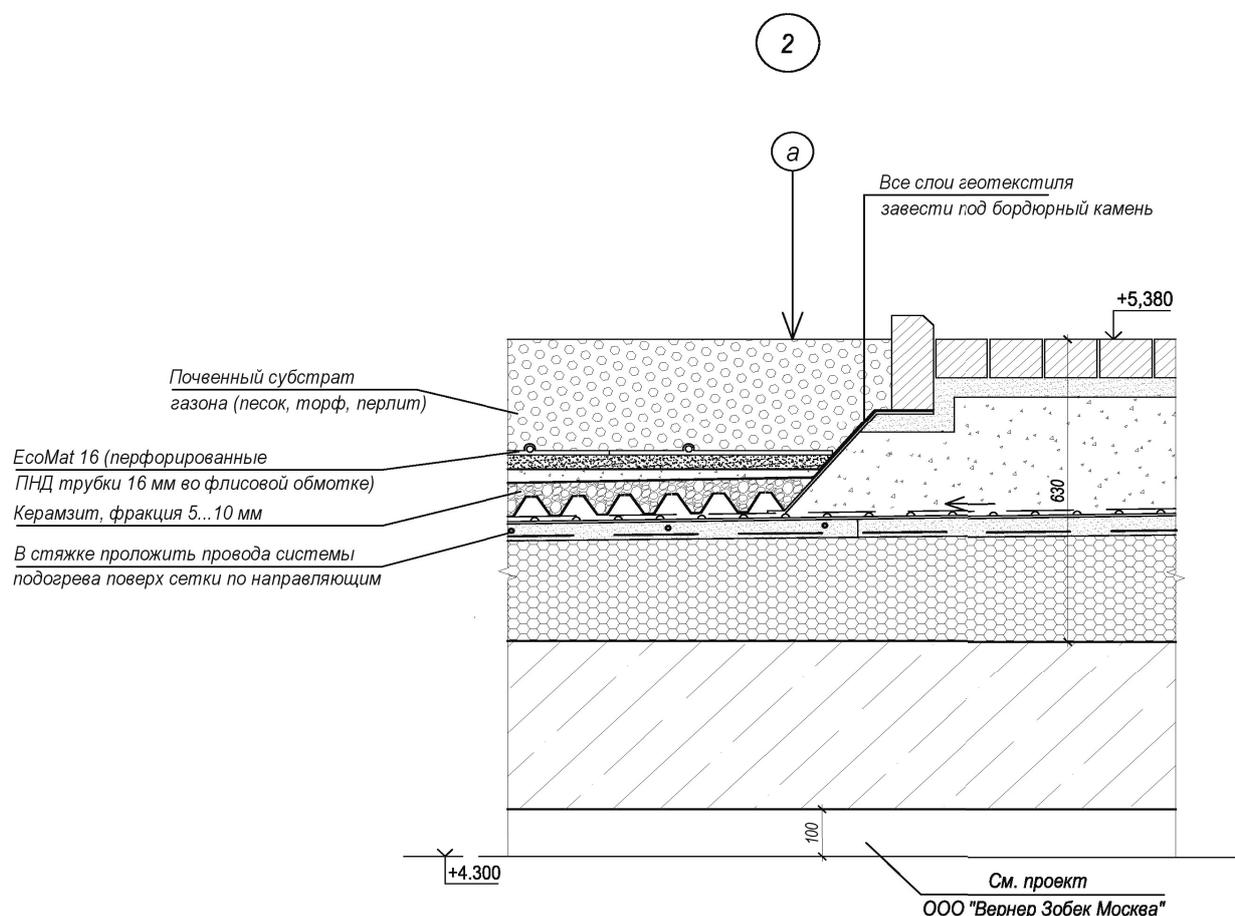


Рис. 3. Схема сплошной почвенной конструкции для устройства газонов

Таблица 3
**Водно-физические свойства
 горизонтов почвенной конструкции
 «Зелёная крыша» при условии
 отсутствия поливов**

Слой \ Параметры	$P, \text{ м}_в^3/\text{м}^3$	$\omega_m, \text{ доли } P$	$h_k, \text{ м}$	$k_f, \text{ м/сут.}$
A = 0,4 м	0,55	0,11	0,4	0,6
B = 0,1 м	0,55	0,11	0,4	0,6
C = 0,1 м	0,45	0,09	0,3	0,4

Таблица 4
**Водно-физические свойства
 горизонтов почвенной конструкции
 «Зелёная крыша» с учётом поливов**

Слой \ Параметры	$P, \text{ м}_в^3/\text{м}^3$	$\omega_m, \text{ доли } P$	$h_k, \text{ м}$	$k_f, \text{ м/сут.}$
A = 0,4 м	0,48	0,09	1,7	0,4
B = 0,1 м	0,48	0,09	1,7	0,4
C = 0,1 м	0,44	0,09	1,3	0,02

Серия расчётов водного режима при подборе параметров почвенной конструкции для объекта «Зелёная стоянка» показала, что выбранная слоистая конструкция позволяет в год 10%-ной обеспеченности – влажный год избежать – поверхностного стока за счёт хорошей дренируемости горизонтов В, и особенно – С. При этом влажность корнеобитаемого слоя поддерживается в заданном диапазоне, обеспечивая комфортные условия для развития газонной растительности. Однако значительная величина водообмена свидетельствует о больших нисходящих потоках влаги и усилении промывного режима, в результате чего может происходить снижение плодородности почвы. Это в свою очередь требует компенсации потерь питательных веществ путём внесения органических и минеральных удобрений с поливной водой. Но при этом возникают обстоятельства, когда при усилении промывного режима вносящиеся в почву удобрения будут активно поступать с дренажным стоком в водоприемник, что ухудшает качество воды в нем и приводит к эвтрофикации водоёмов. Следовательно, для предотвращения негативного воздействия на поверхностные воды необходимо дренажные воды подвергать очистке перед сбросом в водоём. Для этого на объекте должна быть предусмотрена система дренирования с очистными сооружениями.

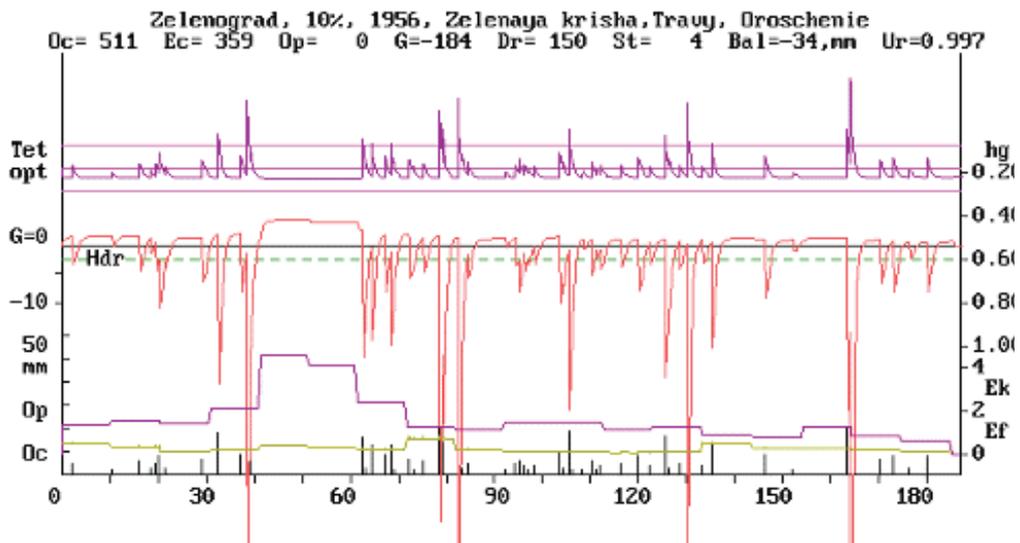
Расчёты в среднесухой, 75%-ной обеспеченности год, показывают, что свойства слоёв почвенной конструкции позволяют обеспечить функционирование растительного покрова стоянки при проведении поливов из стационарной трубчатой сети или путём полива с использованием дождеваль-ных машин.

С учетом того, что площадка используется под автостоянку, верхний горизонт А подвергается уплотнению колёсами автомобиля, и его следует армировать специальными пластиковыми решётками, сохраняющими как структуру, так и его свойства в целом.

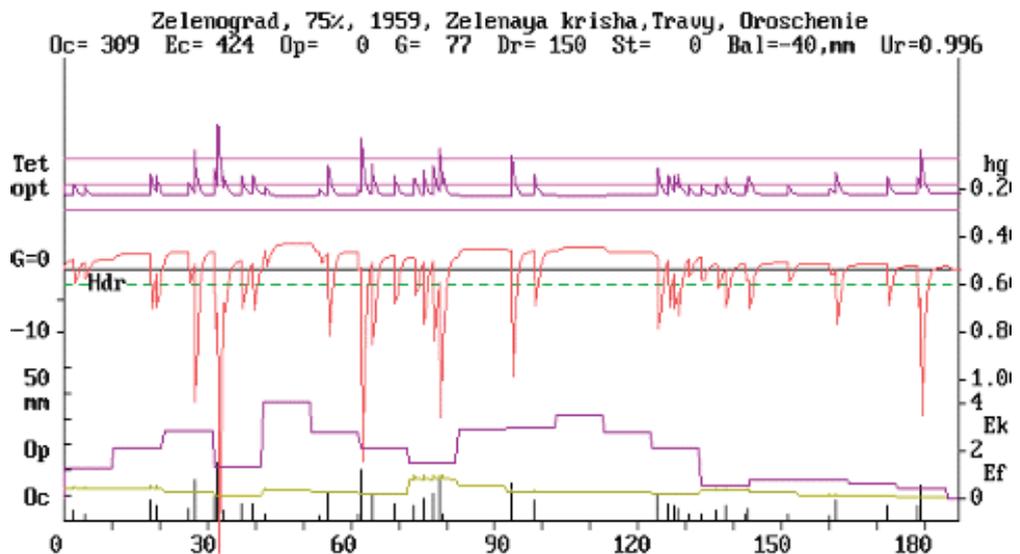
Все вышесказанное при анализе параметров почвенной конструкции «Стоянка» в полной мере будет относиться и к объекту «Газон», за исключением того, что горизонт А не нуждается в армировании. С учётом того, что в парке наряду с газонной травой произрастают кустарники и деревья, мощность горизонта А должна быть увеличена до 60 см, а слой мелкозёма должен обладать хорошими капиллярными и сорбционными свойствами. В этом случае горизонт А, сохраняя плодородие, будет выполнять также экологические функции, сорбируя тяжёлые металлы, накапливая и нейтрализуя химические вещества и пыль, поступающие из городского атмосферного воздуха. В созданных комфортных для произрастания условиях растения будут активно поглощать углекислый газ и выделять кислород.

Объект «Зелёная крыша» предъявляет повышенные требования к свойствам слоёв почвенной конструкции. Это связано с тем, что почвенная конструкция, располагающаяся на крыше здания, функционируя, должна выполнять все требования, касающиеся устойчивости зданий и сооружений, дополнительных нагрузок на конструкции кровли, гидроизоляции сооружений. «Зелёная крыша» представляет собой единый комплекс, состоящий из растений, собственной почвенной конструкции и инженерной системы жизнеобеспечения. Функционирование такого комплекса не должно нарушать условий функционирования самого здания или его конструкции. В связи с этим общая мощность слоёв почвенной конструкции не должна превышать 50...60 см. Результаты расчёта для финальных вариантов подобранной почвенной конструкции «Зелёная крыша» приведены на рисунке 4.

а)



б)



в)

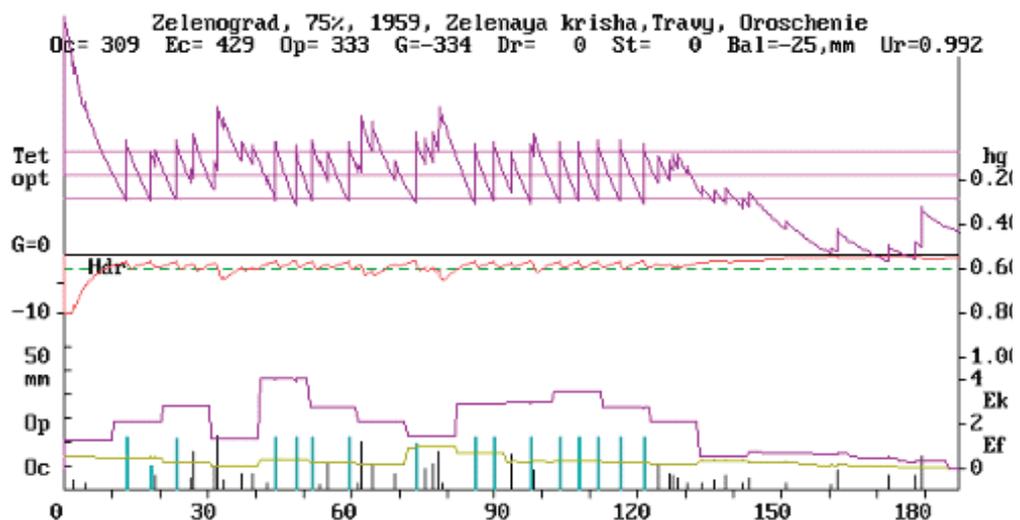


Рис. 4. Результаты расчёта водного режима при подборе параметров почвенной конструкции «Зелёная крыша»:

а) год 10%-ной обеспеченности (влажный); б) год 75%-ной обеспеченности (среднесухой) при условии отсутствия поливов; в) год 75%-ной обеспеченности с учётом поливов

Расчёты по подбору параметров почвенной конструкции и её водного режима позволяют сделать вывод о том, что верхний горизонт А (полностью искусственного происхождения) должен обладать комбинацией свойств, присущих плодородным почвам, хорошо проницаемым структурированным грунтам и искусственным материалам, обладающим высокой поглотительной, водоудерживающей способностью, развитыми капиллярными свойствами.

По нашему мнению (и расчёты это подтверждают), в качестве такого искусственного почвенного образования может служить комбинация, в определённой пропорции состоящая из плодородного, хорошо гумусированного среднелегкосуглинистого компонента, торфяной крошки, перлитового субстрата и крупнозернистого песка. В качестве развития свойств такого искусственного почвенного компонента возможно использование таких современных материалов, как шунгит, перлит, различные микробиологические добавки, а возможно, и современные высокогигроскопичные гели и субстраты. Слой В должен обладать, с одной стороны, хорошей водопроницающей способностью, с другой стороны – обеспечивать жизнеспособность верхнего слоя А. Между слоями почвенной конструкции рекомендуется устраивать маты из геотекстиля, препятствующие размытию и смещению слоёв. Слой В состоит из песчано-гравийной смеси и торфяной крошки. Слой С толщиной 5...10 см состоит из пластикового, гофрированного, дренающего мата, уложенного на систему отопления и гидроизоляционное покрытие «зелёной крыши». Такая конструкция слоя С позволяет в годы с избыточным увлажнением обеспечивать хорошую дренируемость всей конструкции, а также связь её с дренажной системой. В засушливые годы (75%) конструкция горизонта С, накапливающая влагу в складках гофры в предыдущие периоды за счёт капилляров верхних слоёв, позволяет компенсировать дефицит влаги.

Подобранный вариант почвенной конструкции на «зелёной крыше», по нашему мнению, что доказывается расчётами, позволяет избежать поверхностного стока и избыточной промываемости слоя во влажные годы и за счёт накопленной влаги и капиллярных свойств слоёв почвенной конструкции обеспечить необходимую влажность для развития зелёной массы, обходясь без дополнительного полива.

Выводы

1. Для каждого варианта расчёта исходя из назначения объекта были установлены морфометрические параметры почвенной конструкции, приведенные выше.

2. Для варианта «Зелёная крыша» предлагается следующая конструкция: верхний слой – почвенный субстрат на основе кварцевого отмытого речного песка (20% от объёма) с добавлением торфяной крошки (40% от объёма) и мелкозернистого (15 мм) перлита (40% от объёма). Поливные маты, например, ЕСО-MAT16 (Hunter). Раздельный выравнивающий песчаный слой 15...20 мм. Противокорневой слой из геотекстиля, дренажный слой, Floradrain, система подогрева. Такое решение представляется оптимальным по своим технологическим и эксплуатационным качествам, а также позволяет создавать и поддерживать необходимые растениям водно-воздушный и питательный режимы.

3. Расчёты по подбору параметров почвенной конструкции «Зелёная крыша» и её водного режима позволяют сделать вывод о том, что верхний горизонт А (полностью искусственного происхождения) должен обладать комбинацией свойств, присущих плодородным почвам, хорошо проницаемым структурированным грунтам и искусственным материалам, обладающим высокой поглотительной, водоудерживающей способностью, развитыми капиллярными свойствами. По нашему мнению, что подтверждают расчёты, в качестве такого искусственного почвенного образования может служить комбинация, в определённой пропорции состоящая из плодородного, хорошо гумусированного среднелегкосуглинистого компонента, торфяной крошки, перлитового субстрата и крупнозернистого песка.

4. Предлагаемый подход позволяет создавать искусственные почвенные конструкции с заданными свойствами. Идея управления водным режимом и барьерными свойствами искусственной почвенной конструкции позволяет обеспечивать её эффективное функционирование на протяжении всего периода эксплуатации таких объектов.

Библиографический список

1. Шейн Е.В. О почвах естественных и почвенных конструкциях // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – № 9. Т. 7.
2. Смагин А.В., Садовникова Н.Б. Создание почвоподобных конструкций // Почвоведение. – 2015. – № 9.

3. Природообустройство: Учебник для вузов / Под ред. А.И. Голованова. – М.: Издательство «Лань», 2015. – 595 с.

4. Голованов А.И., Пестов Л.Ф., Максимов С.А. Геохимия техноприродных ландшафтов. – М.: МГУП, 2006. – 201 с.

Материал поступил в редакцию 30.05.2016 г.

Сведения об авторе

Максимов Сергей Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Мелиорация и рекультивация земель»; ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Б. Академическая, д.44; тел.: 8-985-239-68-91; e-mail: s.a.maksimov@mail.ru

S.A. MAKSIMOV

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

MANAGEMENT OF VERTICAL HYDRO PHYSICAL BARRIER WHEN**

In the article the idea is developing that the essence of land reclamation is control of soil processes. It is shown that this idea has a decisive significance not only for reclamation of agricultural lands but also when creating artificial soil structures for which it is important to determine a laminated structure and properties of layers in advance. Laminated soil structures are used for development of park lawn economy, when establishing «green parking» for automobiles, for establishing «green roofs» on buildings and constructions when planting trees and bushes for urban infrastructure, in greenhouses, when growing plants in the protected ground etc. There are given results of modeling a hydro physical barrier and analysis of their functioning. The proposed approach makes it possible to create artificial soil structures with the assigned characteristics. The idea of control of water regime and barrier characteristics of the artificial soil structure allows providing its effective functioning during the whole operational period of such objects. For the variant «Green roof» the following structure is proposed: upper layer – soil substrate on the basis of quartz washed river sand (20% of the volume) with adding peat litter (40% of the volume) and fine-grained (15 mm) perlite (40% of the volume). Irrigation mats, for example, ECO-MAT16 (Hunter). Separate leveling sand layer 15...20 mm. Anti-root layer of geotextile. Drainage layer, Floradrain, system of heating. Such a decision is considered optimal according to its technological and operational qualities and it also helps to create and maintain water-air and feeding regimes necessary for plants. This approach to creation of multi-layer artificial structures and management of the work of total hydro physical barriers are realized by us) together with I.V. Korneev and A.N. Danilichenko) in the project «GREEN ROOF» worked out in 2011 for the esplanade of the tower «ISETJ» in Yekaterinburg.

Artificial soil structures, land reclamation, biogeochemical barrier, irrigation regime, barrier characteristics.

Reference

1. Shein E.V. О почвах естественных и почвенных конструкциях // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – № 9. V. 7.

2. Smagin A.V., Sadovnikova N.B. Sozdanie pochvopodobnyh konstruktсий // Pochvovedenie. – 2015. – № 9.

3. Природообустройство: Учебник для вузов/ Под ред. А.И. Голованова. – М.: Издательство «Лань», 2015. – 595 с.

4. Golovanov A.I., Pestov L.F., Maksimov S.A. Geokhimiya tehnoprirodnih landshaftov. – М.: МГУП, 2006. – 201 с.

The material was received at the editorial office
30.05.2016

Information about the author

Maksimov Sergey Alexeevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Land reclamation and reclamation»; FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. B. Academicheskaya, d.44; tel.: 8-985-239-68-91; e-mail: s.a.maksimov@mail.ru

**The material was presented in the form of a report 01.06.2016 at the plenary meeting of the conference dedicated to the 50th anniversary of the program «About wide development of land reclamation».

УДК 502/504:631.6:556:338.43(470+571)

М.И. БРОВЧЕНКО

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

А.В. ЧАЯНОВ О МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Статья посвящена основным тезисам научного наследия известного ученого экономиста-аграрника А.В. Чаянова. Основывая новое направление «Крестьяноведение», он разработал теорию о кооперации, эволюции и дифференциации крестьянского хозяйства. Водное хозяйство и мелиорация стали объектами его пристального научно-практического внимания. При этом А.В. Чаянов подходил к их рассмотрению с позиции утверждения того, что крестьянское хозяйство – это особый социально-экономический уклад. Нужна такая система государственного воздействия на рынок и на само крестьянское хозяйство, которая учитывала бы хозяйственные интересы крестьянина. Исследование и анализ основных тезисов показали актуальность и необходимость обращения к идеям ученого и его научной школы: «Подъем производительных сил деревни значит и подъем общего экономического возрождения страны».

Аграрный вопрос, кооперация, дифференциация крестьянства, землепользование, мелиорация, водная рента.

Введение. Анализ историографической литературы показывает, что на рубеже 20-30-х гг. XX в. она отмечена наибольшим числом вышедших в свет исследований по вопросам преобразований сельского хозяйства в стране. Их отличает интенсивность разработок, наличие ценного фактического материала, разнообразие методологического подхода. Особого внимания заслуживают фундаментальные труды известных экономистов А.В. Чаянова, Н.Д. Кондратьева, П.П. Маслова, Н.П. Макарова [1]. Статья посвящена трудам Александра Васильевича Чаянова по вопросам развития водного хозяйства и мелиорации с учетом особенностей сельскохозяйственного производства в России. Обращение к научному наследию отечественных ученых, к аграрным документам прошлых десятилетий [2] оправдано временем, историческими вызовами современности, необходимостью возврата к тому опыту, который был выработан благодаря результатам и последствиям их осуществления.

Основные работы. Специализацией А.В. Чаянова была аграрная экономика, он положил начало крестьяноведению в стране. В 1919 г. Чаянов возглавил Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной экономики. В 1923 г. в Берлине был издан его главный научный труд «Учение о крестьянском хозяйстве», опубликованный в России в 1925 г. под названием «Организация крестьянского хозяйства». В 1930 г. А.В. Чаянов и Н.Д. Кондратьев были арестованы по делу так называемой

«Трудовой крестьянской партии»: Кондратьева объявили главой этой несуществующей подпольной партии, а Чаянова – ее активным участником. После ссылки в Казахстан А.В. Чаянова расстреляли в 1937 г. В 1987 г. было пересмотрено дело «Трудовой крестьянской партии», и все проходившие по нему включая Чаянова были реабилитированы.

Главная тема трудов Чаянова – изучение крестьянских хозяйств как особого социально-экономического уклада. «Крестьяноведение» А.В. Чаянова на долгое время оказалось забытым. Лишь в 1960-е гг. западные ученые неожиданно обнаружили, что еще полвека назад русский ученый раскрыл основные особенности крестьянского хозяйства. В своей концепции семейно-трудового крестьянского хозяйства А.В. Чаянов рассматривал *взаимоотношения крестьянского хозяйства с окружающей средой* и приходил к выводу о том, что для него свойственны особые закономерности, в отличие от других видов деятельности. Этот тезис оказался важным в оценке того, насколько хозяйство крестьянина зависело от площади и качества земли, а вести хозяйство без водного ресурса и бережного отношения к качеству земли было совершенно невозможно.

Крестьянин видел в своей трудной деятельности не максимизацию прибыли, а удовлетворение потребностей членов семьи. Соответственно цель производства в крестьянском хозяйстве – это потребление, но не накопление. А.В. Чаянов доказал, что крестьянство стремится к увеличению

валового дохода, а не к получению максимальной прибыли. Объясняя хозяйственное поведение крестьян, Чаянов отметил: «... Мы можем установить, что единственным хозяйственным критерием трудового хозяйства является соотношение между степенью удовлетворения потребностей и тягостностью исполняемых работ» [3].

Новизна заключалась в интерпретации, которая была предпринята А.В. Чаяновым. Он довольно подробно объяснил этот важный в методологическом плане тезис: «Вольно же нашим критикам понимать теорию трудопотребительского баланса как сладенькое живописание российского крестьянства наподобие благонравных пейзажей, все довольных и живущих, как птицы небесные. Мы сами такого представления не имеем и склонны полагать, что каждый крестьянин не отказался бы ни от хорошего ростбифа, ни от граммофона, ни даже от пакета акций «Ойл Шелл Компании», если бы к тому представился случай. К сожалению, в массе такого случая не представляется, и каждая копейка достается крестьянской семье тяжелым напряженным трудом... Нам думается, что если бы Ротшильд при социальной революции в Европе сбежал бы в какую-нибудь сельскохозяйственную страну и вынужден был бы заняться крестьянским трудом, то при всей своей буржуазной приобретательской психологии он оказался бы послушным правилам поведения, установленным организационно-производственной школой» [4]. В этой оценке лежит основное понимание особенности и сущности развития хозяйства в деревне, где установлена определенная организационно-производственная система, тесным образом связанная с окружающей средой, природными условиями. Знание специфики сельского хозяйства России и в других странах обусловило понимание Чаяновым путей подъема производительных сил деревни, а значит, и общего экономического возрождения страны. Поскольку мелкое крестьянское хозяйство входит в систему общественного хозяйства через рынок, то нужна такая система государственного воздействия на рынок и на само крестьянское хозяйство, которая, учитывая хозяйственные интересы крестьянина, способствовала бы накоплению капитала в его хозяйстве, дала возможность расширять и улучшать производство за счет развития мелиорации и водного хозяйства.

Большой вклад Чаянов внес в анализ водного хозяйства и мелиорации в своих трудах «Экономическая сторона мелиорации в крестьянском хозяйстве» (1913), «Очерки по теории водного хозяйства» (1917). Бережное отношение к земле как источнику сельскохозяйственного производства красной линией проходит через многие его труды. О значении мелиорации А.В. Чаянов писал: «Мелиоративное дело больше, чем какое-либо другое, должно сообразоваться с чисто местными естественными и экономическими условиями и в каждом конкретном случае вопрос о мелиорации должно решаться на основании данных о состоянии земель, предположенных к мелиорации, о ценах и об уровне арендных плат в районе предполагаемого коренного улучшения» [5].

Россия, огромная и разная не только по размерам своей территории, но и по категориям качества своих земель, во все времена требовала развития такой области, как мелиорация. В развитии сельского хозяйства играли немаловажную роль площадь и качество удобных земель. Земли, приобретенные путем производства коренных улучшений в результате приложения крестьянского труда, в том числе мелиоративных работ, оправдывали надежды на успехи их содержания. Поэтому Чаянов подчеркивал, что «под чистым доходом мелиорации мы подразумеваем величину, на которую повысилась земельная рента под влиянием произведенных коренных улучшений» [5]. Особо он выделял само трудолюбие крестьянина. «Какой бы из факторов, определяющих собой организацию крестьянского хозяйства, мы ни считали главенствующим, какое бы большое значение мы ни придавали влиянию рынка, размерам землепользования, наличности средств производства и естественным условиям плодородия, мы должны будем признать, что *технически организующим элементом всякого производственного процесса являются рабочие руки*». Он продолжал доказывать в своих тезисах, что «главным преимуществом кооперативной формы укрупнения было то, что оно, не разрушая тех сторон хозяйства, где мелкое семейное производство было технически удобнее крупного, позволяло выделить и организовать в крупнейшие кооперированные предприятия те отрасли, в которых укрупнение давало заметный положительный эффект» [6]. Он выступал против огосударствления кооперативов и отстаивал

их самостоятельность при решении хозяйственных вопросов.

Идеи Чайнова о вертикальной кооперации как оптимальном пути модернизации крестьянских хозяйств нашли свое применение в современных странах бывшего «третьего мира». В последующей эволюции крестьянских хозяйств в сторону повышения их продуктивности, а следовательно, и рыночности, подчеркивал он, все большее значение будут приобретать как более крупные, так и мелкие интенсивные хозяйства.

Научное исследование известного аграрника было глубоко проникнуто государственным подходом, и в его наследии мы встречаем следующее суждение: «Подобная система активной водной политики требует очень большой осведомленности, достаточной осторожности и в то же время решительности и организации постоянного контроля и наблюдения за разбором воды и ведением хозяйств» [7]. Проблема коренного улучшения сельскохозяйственных земель предполагала разработку новых теорий и особое внимание аграрников к земельной и водной рентам.

Практика показала, что стратегические и тактические теории и проекты должны изначально учитывать не только экономическую выгоду, но и сохранение природных ресурсов, социальную пользу и экологическую безопасность государства. Отсюда и озабоченность А.В. Чайнова по разработке определения водной ренты: «Разнообразие хозяйственного уклада различных районов нашего отечества осложняет эту работу и заставляет нас учитывать местные особенности. Мы сталкиваемся с малою разработанностью таких основных проблем этого типа народнохозяйственной жизни, как проблема водной ренты, проблема сосуществования водной ренты и ренты земельной, проблемы тарификации воды и ряда других проблем организации водного хозяйства» [7]. В ответ на вопрос о том, что такое водная рента, он писал: «Вода – право на определенное количество воды, имеет там цену, помимо стоимости устройства и содержания ирригационных сооружений. Необходимо уяснить природу водной ренты, установить возможности ее отделения от ренты земельной и те народнохозяйственные следствия, которые порождают самый факт ее существования» [7].

Рассуждая о земельной ренте, ученый отмечал различное качество плодородия зе-

мельных участков, различное их положение на рынке, тем не менее, считал он, они все фиксированы в пространстве. «В противоположность свойствам земли как источника ренты, вода, орошающая поля, не фиксирована в пространстве, и ее подача может быть перенесена в любой пункт, каждая ее единица не отличается от всякой другой единицы. Это неизбежно должно отразиться на природе водной ренты и весьма своеобразно конструировать ее теорию... Если в обычном земледельческом хозяйстве земля всегда находится внутри хозяйств и до нее никто, кроме хозяина, не касается, то в хозяйстве орошаемом живительное начало – вода передается от своего источника до полей через ряд рук и протекает мимо и по разным чужим владениям. Благодаря этому без общественного регулирования водопользования она может быть по пути неоднократно захваченной, и в ее конечном распределении чрезвычайно легко могут быть произведены многочисленные нарушения как частных, так равно и народнохозяйственных интересов» [7].

Особенность водной ренты, следовательно, предполагала активное государственное вмешательство в организацию водопользования, которое в еще большей степени окажется необходимым по мере того, как будет переходить в практическую конкретную действительность: «Вот почему если применительно к обычному сухому земледелию организованный общественный разум может ограничиться только судебной защитой прав на землю и судебной охраной границ, то в орошаемом земледелии он неминуемо должен вмешаться в самое распределение воды, взять в свои руки распоряжение водой и вести более или менее сложное водное хозяйство» [7]. Эта констатация ситуации важна для понимания того, что в погоне за прибылью можно забыть о предельности отдельных ресурсов, цена которых может возрасти в несколько раз в связи с ростом населения и потребления, той же самой пресной воды, и сегодня. Таким образом, А.В. Чайнов пришел к выводу: «Плата за воду, получаемая ее собственниками, и является водной рентой, находящейся в ограниченном количестве. Таким образом, образование водной ренты определяет в данном случае и размер эксплуатируемой площади, и степень интенсивности полива. Наилучшим размером эксплуатируемой площади и соответственным

наилучшим поливом будут те, при которых данный источник орошающей воды даст наибольшее общее количество урожая. Разработка тарифов должна постоянно соотносываться с движением цен как на продукты, так равно и средства производства» [7]. Любая ложная конкуренция за воду будет продолжаться до тех пор, пока земледелец будет получать незаработанный рентный доход. Немаловажную роль в водном хозяйстве играет и собственник воды. Подобная система активной водной политики требует большой осведомленности, достаточной осторожности и в то же время решительности, организации постоянного контроля и наблюдения за разбором воды и ведением хозяйств.

В настоящее время концепция организации крестьянской кооперации А.В. Чаянова признана многими исследователями. Продолжительные многолетние наблюдения, использование статистических фактов, качественная характеристика экономического развития сельского хозяйства, научное обобщение выводов наличествуют в научном наследии экономиста-аграрника. При этом Чаянов, как основоположник крестьяноведения, величайший теоретик, методологически серьезно признавал, что «коллективное сознание и воля всегда менее подвижны, более медлительны, менее напряжены и почти не допускают интуиции, столь важной во всяком предпринимательстве» [8], что, несомненно, важно брать во внимание при рассмотрении аграрных отношений. Отмечая наличие особенностей по отдельным странам, он считал, что их отсутствие было бы более удивительно и странно, чем их наличие.

Таким образом, обращение к научному наследию экономистов-аграрников 20-30-х гг. прошлого века исторически оправдано. Сама природа эволюции сельского хозяйства и место крестьянина в этом процессе требуют от исследователя широкий комплекс уникальных инструментов и методологических подходов только для того, чтобы раскрыть хотя бы одну особенность крестьянского хозяйства. Этому принципу научного исследования учат известные труды А.В. Чаянова, Н.Д. Кондратьева, Н.П. Макарова.

В сентябре 2010 г. бывший президент Российской Федерации Д.А. Медведев заявил о необходимости восстановления разрушенной системы мелиорации: «К сожа-

лению, система мелиорации, которая была создана в советский период, деградировала, была разрушена. Нам нужно будет её сейчас воссоздавать» – и поручил правительству России разработать соответствующий комплекс мер. Современное состояние сельского хозяйства и изменения на международной арене потребовали вернуться к столь важной государственной проблеме, которая носит не только экономический, но гуманитарный характер. На глобальном уровне при дефиците природных ресурсов происходит разделение государств на богатые и бедные. Современное мировое сообщество переживает системный кризис, «связанный с утратой устойчивости самого общества... и его отношений с биосферой планеты... разрушение экосистемы бумерангом отзывается на снижении качества человеческого потенциала и сужении перспектив сохранения целостной природы. Те, кто гонится за обогащением за счет быстрой реализации природных запасов, объективно оценивают это последствие как распространение пессимизма относительно жизненных ресурсов настоящего миропорядка, слабой уверенности в будущем» [9]. Ситуация понимается всеми реально и не может не вызвать активного обсуждения.

Решение аграрного вопроса А.В. Чаянов и его единомышленники видели в планировании сельского хозяйства при обеспечении сбалансированного развития аграрного и индустриального секторов. В этом ракурсе и ставились задачи мелиорации и снабжения водой сельского хозяйства. Анализ и изучение трудов А.В. Чаянова подтверждают связь и преемственность методологических подходов в тех мероприятиях и решениях, которые принимались в ответственные периоды развития аграрного сектора страны.

Отмечая 50-летие выхода Постановления Совмина РСФСР от 13 августа 1966 г. «О широком развитии мелиорации земель для получения высоких и устойчивых урожаев зерновых и других сельскохозяйственных культур», уместно отметить его значимость для развития сельского хозяйства в указанный период. В этом документе были подняты такие важные проблемы, как развитие орошаемого земледелия, мелиоративных работ в избыточно увлажненной зоне, улучшение проектирования водохозяйственных систем и сооружений, капитальные вложения и материально-техническое

обеспечение мелиоративных работ. В Постановлении отмечены давно забытые за последние десятилетия такие общечеловеческие и общегосударственные установки, как «развернуть всенародную борьбу за подъем культуры земледелия и повышение плодородия земель, за осуществление широкой программы мелиорации земель, рассматривая это как важнейшую общегосударственную задачу. Покончить с фактами беззаботного отношения к использованию орошаемых и осушенных земель и навести в этом деле должный порядок». Постановление содержало и идеологический контекст, о котором не стоит забывать при исследовании проблемы, связанной с ценой крестьянского труда, который не был оценен в тоталитарно-командной системе. Весьма актуально звучит установка о том, что необходимо «прекратить порочную практику отвода без достаточных оснований ценных пахотных и других сельскохозяйственных угодий, особенно орошаемых, осушенных и пойменных земель, под строительство промышленных объектов, дорог, линий электропередачи и на другие несельскохозяйственные нужды» [10].

Таким образом, аграрно-крестьянская проблематика всегда оставалась приоритетной в историографии каждой исторической эпохи, хотя переосмысление и преодоление сложившихся догматических стереотипов, прежней концепции аграрной истории невозможны без обновления теоретического и методологического арсенала гуманитарных наук, без углубленного анализа динамики сложных исторических событий и процессов, без ориентации на комплексный характер исследований [11].

Библиографический список

1. **Чаянов А.В.** Организация крестьянского хозяйства. – М., 1925.

2. Постановление Совмина РСФСР от 13.08.1966 г. № 675 «О широком развитии мелиорации земель для получения высоких и устойчивых урожаев зерновых и других сельскохозяйственных культур» // https://www.lawmix.ru/docs_cccp/3783/. Дата обращения – 30.05.2016 г.)

3. **Чаянов А.В.** Экономическая сторона мелиорации в крестьянском хозяйстве. – М.: Тип. А.И. Мамонтов, 1913. – С. 8.

4. **Чаянов А.В.** Крестьянское хозяйство. – М.: «Экономика», 1989. – С. 209.

5. **Чаянов А.В.** Экономическая сторона мелиорации в крестьянском хозяйстве. – М., 1913. – С. 1.

6. **Чаянов А.В.** Основные идеи и формы организации крестьянской кооперации. – М., 1919. – С. 16.

7. **Чаянов В.А.** Очерки по теории водного хозяйства. – М., 1917. – С. 1-24.

8. **Чаянов А.В.** Основные идеи и формы организации крестьянской кооперации. – М., 1919. – С. 305.

9. **Кисилев А.И.** Экологические детерминанты формирования новой парадигмы бытия // Экономика, экология и общество России в 21 столетии. Ч. 1. – СПб.: Изд-во Политехнического университета. – 2008. – С. 108.

10. Свод законов СССР. – М., 1990. – С. 402.

11. **Гуревич А.Я.** О кризисе современной исторической науки // Вопросы истории. – 1991. – № 2-3. – С. 21-35.

Материал поступил в редакцию 30.05.2016 г.

Сведения об авторе

Бровченко Марфа Иннокентьевна, кандидат исторических наук, доцент кафедры политологии РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д.19; тел.: 8-916-168-67-05; e-mail 18081947@rambler.ru

M.I. BROVCHENKO

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

A.V. CHAYANOV ABOUT LAND RECLAMATION AND WATER ECONOMY

The article is devoted to the basic theses of the scientific heritage of the famous scientist economist-agriculturist A.V. Chayanov. Founding a new direction «Chrestianovedenie» he developed a theory of cooperation, evolution and differentiation of farm economies. Water economy and land reclamation became the objects of his close scientific and practical attention. At the same time A.V. Chayanov approached to their consideration from the position of the assertion that the farm is a special socio-economic structure. We need a system of state influence on the market

and farmer economy which would take into account the economic interests of a farmer. Research and analysis of the main theses showed the urgency and necessity of the appeal to the ideas of the scientist and his scientific school: «The rise of productive forces of the village means the rise of the general economic revival of the country».

Agrarian question, cooperation, differentiation of peasantry, land-utilization, land reclamation, water rent.

Reference

1. **Chayanov A.V.** Organizatsiya krestjanskogo hozyaistva. – M., 1925.
2. Postanovlenie Sovmina RSFSR ot 13.08.1966 г. № 675 «O shirokom razvitii melioratsii zemelj dlya polucheniya vysokih i ustoichivyh urozhayev zernovyh i drugih sel'skohozyajstvennyh kul'tur» // https://www.lawmix.ru/docs_cccp/3783/. Data obrashcheniya – 30.05.2016 g.)
3. **Chayanov A.V.** Economicheskaya strana melioratsii v krestjanskom hozyaistve. – M.: Tip. A.I. Mamontov, 1913. – S. 8.
4. **Chayanov A.V.** krestjanskoe hozyaistvo. – M.: «Economika», 1989. – S. 209.
5. **Chayanov A.V.** Economicheskaya strana melioratsii v krestjanskom hozyaistve. – M., 1913. – S. 1.
6. **Chayanov A.V.** Osnovnye idei i formy organizatsii krestjanskoj kooperatsii. – M., 1919. – S. 16.
7. **Chayanov A.V.** Ocherki po teorii vodnogo hozyaistva. – M., 1917. – S. 1-24.
8. **Chayanov A.V.** Osnovnye idei i formy organizatsii krestjanskoj kooperatsii. – M., 1919. – S. 305.
9. **Kisilev A.I.** Ecologicheskie determinant formirovaniya novoj paradigmy bytiya // Ekonomika, ekologiya i obshchestvo Rossii v 21 stoletii. Ch. 1. – SPb.: Izd-vo Piolitehnicheskogo universiteta. – 2008. – S. 108.
10. Svod zakonov SSSR. – M., 1990. – S. 402.
11. **Gurevich A. Ya.** O krizise sovremennoj istoricheskoy nauki // Voprosy istorii. – 1991. – № 2-3. – S. 21-35.

The material was received at the editorial office
30.05.2016

Information about the author

Brovchenko Marfa Innokentjevna, candidate of historical science, associate professor of the chair of politology, RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; Moscow, ul. Pryanishnikova, d. 19; tel.: 8-916-168-67-05; e-mail 18081947@rambler.ru

УДК 502/504:633.2/.3:631.67(252.37)

Э.Б. ДЕДОВА

Калмыцкий филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», г. Элиста, Республика Калмыкия, Россия

С.Л. БЕЛОПУХОВ

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

А.В. ДАВАЕВ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Калмыцкий научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени М.Б. Нармаева», г. Элиста, Республика Калмыкия, Россия

ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО СОРГО САХАРНОГО В СМЕШАННЫХ ПОСЕВАХ ПРИ ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ КАЛМЫКИИ

*В статье представлены данные об эффективности возделывания сорго сахарного (*Sorghum saccharatum*) в смешанных агроценозах на орошении в условиях аридного климата Республики Калмыкия. Предложены наиболее продуктивные посевы, способные формировать по два укоса и характеризующиеся высокими показателями качества надземной биомассы. Сахарное сорго изучали в посевах как индивидуально, так и в смеси с бобовыми и масличными кормовыми культурами. Установлено, что обеспеченность 1 корм. ед. переваримым протеином в смешанных посевах сорго с другими кормовыми культурами на 31...86 г выше, чем в чистых посевах сорго. Лучшими смесями, обеспечивающими повышенное содержание переваримого протеина в 1 к. ед., являются сорго сахарное+амарант (169 г) и сорго сахарное+трапс (157 г). Содержание обменной энергии в 1 кг корма самое высокое в травосмеси «Сорго+соя+трапс», «Сорго+амарант+трапс» – 9,76...9,06 МДж. С каждого гектара этой смеси было получено 13,23...8,94 т сухой массы, 1,74...1,88 т протеина. Для получения высоких урожаев зеленой массы и максимальных сборов растительного белка, обменной энергии и кормовых единиц целесообразно возделывать трехкомпонентные смеси: «Сорго сахарное+соя+трапс» и «Сорго сахарное+амарант+трапс». Такие агроценозы в условиях орошения при поддержании в слое 0...0,7 м, 70...75% НВ гарантируют получение с 1 га 118...106,1 т зеленой массы с содержанием 157...171 г переваримого протеина в 1 корм. ед. и его общим выходом 13,23...8,94 т/га.*

Сорго сахарное, кормовые культуры, смешанные посевы, аридная зона, орошение, зеленая масса.

Введение. Создание устойчивой кормовой базы для животноводства является основной задачей земледелия, главным направлением в увеличении продуктов питания и решении продовольственной проблемы. С каждым годом проблема обеспечения кормами сельскохозяйственных животных обостряется. В связи с этим руководством Российской Федерации поставлена масштабная задача экономического возрождения страны путем реализации национальных проектов по приоритетным направлениям, в частности, по развитию агропромышленного комплекса. Для условий Калмыкии основной отраслью сельскохозяйственного производства является животноводство (овцеводство и мясное скотоводство).

Калмыкия в силу своего географического положения характеризуется сильно засушливым климатом и низким почвенным плодородием. В условиях аридного климата увеличение животноводческой продукции

возможно только за счет укрепления кормовой базы, чего можно добиться путем развития орошаемого земледелия, обеспечивающего животноводство гарантированными объемами кормов высокого качества [2, 5].

Как показали опыты КФ ВНИИГиМ [1, 5], значительное повышение продуктивности орошаемого кормопроизводства достигается при возделывании культур, обладающих высокими адаптационными качествами к экстремальным условиям произрастания, не только дающими высокие урожаи и позволяющими рационально использовать пашню для производства высококоррелябельных кормов, но и способствующими улучшению плодородия почв.

Цель наших исследований – разработка агротехнических приемов возделывания сорго сахарного в смешанных агрофитоценозах, способствующих повышению продуктивности мелиорируемых земель Калмыкии.

Условия, материалы и методы. Полевые исследования были проведены на зональных бурых полупустынных среднесуглинистых солонцеватых почвах, расположенных в зоне деятельности Черноземельской обводнительно-оросительной системы. Содержание гумуса в почвах опытного участка варьирует в пахотном горизонте от 1,3 до 1,6%, реакция среды почвенного раствора – щелочная ($\text{pH} = 7,8 \dots 8,1$), плотность сложения – $1,35 \dots 1,4 \text{ т/м}^3$. Степень засоления почвы средняя с сульфатно-хлоридным типом: содержание легкорастворимых солей – $0,248 \dots 0,451\%$ в слое $0 \dots 1,0 \text{ м}$. Опыты закладывались в соответствии с требованиями «Методики полевого опыта в условиях орошения» (ВНИИ-ОЗ, 1983). Химический состав и качество растительных образцов определяли в УНЦ-КП «Сервисная лаборатория комплексного анализа химических соединений» Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева методом ближней инфракрасной спектроскопии. Инфракрасный анализатор Unity Scientific SpectraStar 2400 (США) представляет собой новое поколение анализаторов, обеспечивающих быстрый и достаточно точный анализ показателей качества растительных кормов, комбикормов, комбикормового сырья и пищевых продуктов [6, 8].

Полевой опыт включал в себя 6 вариантов двух- и трехкомпонентных травосмесей из однолетних кормовых культур по 60% для двух- и по 40% для трехкомпонентных посевов от нормы высева, рекомендуемых для одновидовых посевов: «Сорго сахарное+соя»; «Сорго сахарное+рапс»; «Сорго сахарное+амарант»; «Сорго сахарное+соя+рапс»; «Сорго сахарное+амарант+рапс». Контрольный вариант – сорго сахарное в чистом посеве. Делянки располагались систематически в один ярус, площадь делянки составляла 250 м^2 , повторность – четырехкратная. Посев проводили в третьей декаде апреля. Способ посева – рядовой. Под основную обработку почвы вносили $\text{N}_{20}\text{P}_{60}$ при посеве $\text{N}_{40}\text{P}_{20}$. После первого укоса проводили подкормку азотными удобрениями в дозе $\text{N}_{40} \text{ кг/га д.в.}$ Режим орошения в полевом опыте основывался на поддержание предполивной влажности почвы в горизонте ($0 \dots 0,7 \text{ м}$) не ниже 60...65% НВ и 70...75% НВ. Полив проводили дождевальными машинами ДКШ-64 «Волжанка». С 2010 по 2012 гг. под первый укос в вариантах с 60...65% НВ было проведено от двух до трех поливов, под второй – три по-

лива, под третий – от трех до четырех поливов. В вариантах с 70...75% НВ под первый укос было проведено от четырех до пяти поливов, под второй – пять поливов, под третий укос – шесть поливов [7].

Результаты и обсуждение. Орошение в Калмыкии позволяет коренным образом изменить условия произрастания культур: устранить дефицит воды и снизить в значительной степени лимитирующее действие природного засоления почв и высоких температур воздуха.

Сроки и нормы проведения вегетационных поливов зависели от сложившихся метеорологических условий года и от режима орошения. В опытах исследовали два режима орошения: поддержание предполивно-го порога увлажнения на уровне 60...65% НВ и поддержание предполивно-го порога увлажнения на уровне 70...75% НВ.

В среднем за три года исследований получена величина урожайности зеленой массы в чистых посевах сорго сахарного $61,1 \dots 72,2 \text{ т/га}$, что меньше в сравнении с поливидовыми посевами культуры на $20,2 \dots 41,9 \text{ т/га}$ в варианте 60...65% НВ и на $19,4 \dots 45,8 \text{ т/га}$ – в варианте 70...75% НВ.

Необходимо отметить, что урожайность зеленой массы первого укоса в поливидовых посевах сорго сахарного варьировала по вариантам опыта от $30,2$ до $54,6 \text{ т/га}$, урожайность зеленой массы второго укоса – от $26,9$ до $40,9 \text{ т/га}$, третьего укоса – от $17,1$ до $32,4 \text{ т/га}$.

Таким образом, установлено, что урожайность зеленой массы зависела от режима орошения и состава компонентов в травосмеси. При увеличении предполивно-го порога увлажнения с 60...65% НВ до 70...75% НВ формируется наибольшая урожайность однолетних кормовых культур за три укоса в трехкомпонентных травосмесях «Сорго сахарное+соя+рапс» ($118,0 \text{ т/га}$), что на $45,8 \text{ т/га}$ больше в сравнении с чистыми посевами сорго сахарного и на $14,5 \dots 25,7 \text{ т/га}$ больше в сравнении с двухкомпонентными травосмесями.

Орошение и удобрение не только являются мощными факторами повышения урожайности кормовых культур, но и оказывают значительное влияние на его качество [4]. Во-первых, улучшаются условия для наиболее интенсивного продукционного процесса культур, в результате чего растение более полно может использовать необходимые ему макро- и микроэлементы из почвы. Во-вторых, орошение влияет на почвенное плодородие, усиливая процессы мобилизации и трансформации питательных элементов,

в результате чего подвижность и доступность их растениями повышается в больших количествах, чем в богарных условиях.

Сахарное сорго изучалось в чистом виде (контроль), в смеси с бобовыми и масличными кормовыми культурами. Обеспеченность 1 корм. ед. переваримым протеином в смешанных посевах сорго с другими кормовыми культурами на 31...86 г выше, чем в чистых посевах сорго. Лучшими сме-

сями, обеспечивающими повышенное содержание переваримого протеина в 1 к. ед., являются смеси «Сорго сахарное+амарант» (169 г) и «Сорго сахарное+рапс» (157 г).

Содержание обменной энергии в 1 кг корма самое высокое в травосмесях «Сорго+соя+рапс», «Сорго+амарант+рапс» – 9,76...9,06 МДж. С каждого гектара этой смеси было получено 13,23...8,94 т сухой массы и 1,74...1,88 т протеина.

Таблица 1

Влияние режимов орошения на урожайность зеленой массы поливидовых агроценозов сорго сахарного, т/га (среднее за 2010...2012 гг.)

Режим орошения (фактор А)	Состав травосмеси (фактор В)	Укосы			Всего за вегетацию
		I	II	III	
предполивная влажность почвы 60...65%	Сорго сахарное (контроль)	29,2	17,4	14,5	61,1
	Сорго сахарное + соя	37,0	26,9	17,3	84,0
	Сорго сахарное + рапс	36,9	27,1	17,3	81,3
	Сорго сахарное + амарант	40,6	24,8	18,2	83,6
	Сорго сахарное + соя + рапс	45,8	33,0	24,2	103,0
	Сорго сахарное + амарант + рапс	43,1	22,9	19,0	85,0
предполивная влажность почвы 70...75%	Сорго сахарное (контроль)	35,8	19,8	16,6	72,2
	Сорго сахарное + соя	41,0	31,8	21,0	95,2
	Сорго сахарное + рапс	44,6	34,9	24,0	103,5
	Сорго сахарное + амарант	47,7	26,2	19,0	91,6
	Сорго сахарное + соя + рапс	53,6	37,5	26,9	118,0
	Сорго сахарное + амарант + рапс	44,5	34,5	27,1	106,1
НСР ₀₅ фактора А		3,36	3,27	2,92	8,13
НСР ₀₅ фактора В		5,83	5,67	5,05	14,09
НСР ₀₅ факторов АВ		8,24	8,02	7,15	19,92

Таблица 2

Кормовая ценность биомассы и выход переваримого протеина, 2010...2012 гг.

Варианты опыта	Сбор с урожаем		О.Э., МДж/кг	Содержание переваримого протеина на 1 к.ед., г
	к.ед., т/га	п.п., т/га		
Сорго сахарное (контроль)	7,42	1,53	8,06	116
Сорго сахарное + соя	11,15	1,66	9,23	147
Сорго сахарное + рапс	10,30	1,72	8,54	157
Сорго сахарное + амарант	10,04	1,96	8,62	169
Сорго сахарное + соя + рапс	12,46	1,74	9,76	154
Сорго сахарное + амарант + рапс	11,60	1,88	9,06	171

В орошаемом земледелии для обоснования рационального режима орошения любой культуры необходимо определить коэффициенты водопотребления, характеризующие расход воды на создание единицы урожая. Как известно, при благоприятном водном и пищевом режимах коэффициент водопотребления заметно снижается, что свидетельствует о более эффективном использовании оросительной воды для получения продукции.

В современных условиях, при ограниченных возможностях применения минеральных удобрений, важен дифференцированный подход к использованию кормовых культур с учетом ботанического состава и биологических особенностей. Рациональное применение удобрений, режима орошения (65...70% НВ и 70...75% НВ) позволяет повысить урожайность и качество получаемой сухой массы.

Выводы

Проведенные нами исследования в условиях аридного климата Калмыкии показали, что для получения высоких урожаев зеленой массы максимальных сборов растительного белка, обменной энергии и кормовых единиц целесообразно возделывать трехкомпонентные смеси: «Сорго сахарное+соя+рапс» и «Сорго сахарное+амарант+рапс». Такие агроценозы в условиях орошения при поддержании в слое 0...0,7 м, 70...75% НВ гарантируют получение 118...106,1 т/га зеленой массы с содержанием 157...171 г переваримого протеина в 1 корм. ед. и его общим выходом 13,23...8,94 т/га.

Библиографический список

1. Даваев А.В., Дедова Э.Б. Влияние орошения на продуктивность и качество кормов в одновидовых и смешанных посевах аридной зоны // Вестник мясного скотоводства. – 2011. – № 64. Т. 3. – С. 123-130.
2. Дедова Э.Б. Мелиоративный комплекс Калмыкии: проблемы и пути решения // Вестник института комплексных исследований аридных территорий. Элиста. – 2011. – № 2 (23). – С. 123-128.
3. Дубенок Н.Н., Дедова Э.Б., Адьяев С.Б. Фитомелиоративная роль культур-освоителей засоленных земель Калмыкии // Вестник РАСХН. – 2009. – № 6. – С. 22-25.
4. Руднева Л.В., Гольдварг Б.А. Химический состав и питательность кормовых культур при орошении минерализованными водами // Бюлл. Калмыцкого НИИ мясного скотоводства. – 1989. – № 1. – С. 7-13.
5. Руднева Л.В. Ресурсосберегающие технологии возделывания кормовых культур в полупустынной зоне Прикаспия при

орошении: Автореф. дисс. ...доктора с.-х. наук. – М.: ВНИИГиМ, 1995. – 67 с.

6. Дедова Э.Б. Продуктивность и качество *Amaranthus paniculatus* в смешанных посевах при орошении в условиях Калмыкии / Э.Б. Дедова, С.Л. Белопухов, А.В. Даваев // Бутлеровские сообщения. – 2013. – № 4. Т. 34. – С. 144-148.

7. Дедова Э.Б., Даваев А.В. Кормовые культуры на мелиорированных землях Республики Калмыкия: Монография. – Волгоград: ФГБНУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2015. – 196 с.

8. Белопухов С.Л., Буряков Н.П., Шнее Т.В. Химическая сертификация сельскохозяйственной продукции: Учебное пособие. – М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. – 160 с.

Материал поступил в редакцию 08. 06. 2016 г.

Сведения об авторах

Дедова Эльвира Батыревна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, директор Калмыцкого филиала ФГБНУ ВНИИ-ГиМ им. А.Н. Костякова; 358001, Республика Калмыкия, г. Элиста, пл. Городовикова, д. 1; e-mail: kf_vniigim@mail.ru

Белопухов Сергей Леонидович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: belopuhov@mail.ru

Даваев Александр Владимирович, старший научный сотрудник ФГБНУ Калмыцкий НИИСХ им. М.Б. Нармаева; 358001, Республика Калмыкия, г. Элиста, пл. Городовикова, д. 5; e-mail: davaev.a.v@mail.ru

E.V. DEDOVA

Kalmyk branch of Federal state budget scientific institution «All-Russian research institute of hydraulic engineering and land reclamation named after A.N. Kostyakov», Elista, Republic of Kalmykia, Russia

S.L. BELOPUKHOV

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

A.V. DAVAEV

Federal state budget scientific institution «Kalmyk research institute of agriculture named after M.B. Narmaev», Elista, Republic of Kalmykia, Russia

EFFICIENCY AND QUALITY OF SORGHUM SACCURATUM IN MIXED CROPS UNDER IRRIGATION IN THE CONDITIONS OF KALMYKIA

The article presents data on the effectiveness of cultivation of Sorghum saccuratum in mixed agrocenoses on irrigation in the arid climate of the Republic of Kalmykia. It offers the most productive crops that can form two mowing and which are characterized by high rates of the aboveground biomass quality. Sorghum saccuratum were studied in crops, both

individually and in mixtures with legumes and oilseeds fodder crops. It has been established that the provision of 1 feed unit of digestible protein in mixed crops of sorghum with other forage crops by 31...86 g higher than in pure Sorghum crops. The best mixture which provides a higher content of digestible protein in 1 c. unit is a mixture of Sorghum + Amaranthus (169 g) and Sorghum + Brassica napus L. (157 g). The content of metabolizable energy in 1 kg of feed mixtures is the highest in Sorghum + Glycine max + Brassica napus L., Sorghum + Amaranthus + Brassica napus L. – 9.76...9.06 MJ. On each hectare of the mixtures there were obtained 13.23...8.94 t of dry weight, 1.74...1.88 t of protein. It is recommended for obtaining high yields of green mass and maximum yields of vegetable protein, metabolizable energy and feed units to cultivate three-component mixtures as follows: Sorghum + Glycine max + Brassica napus L.» and «Sorghum + Amaranthus + Brassica napus L.». Such agrocenoses under irrigation while maintained in the layer 0...0.7 m, 70...75% HB guarantee obtaining from 1 hectare...118 106.1 tons of green mass containing 157...171 g of digestible protein per 1 feed units and a total yield of 8.94...13.23 t/ha.

Sorghum saccharatum, forage crops, mixed crops, arid zone, irrigation, green mass.

Reference

1. **Davaev A.V., Dedova E.B.** Vliyanie orosheniya na produktivnostj i kachestvo kormov v odnovidovyh i smeshannyh posevah aridnoj zony // Vestnik myasnogo skotovodstva. – 2011. – № 64. V. 3. – S. 123-130.
2. **Dedova E.B.** Meliorativny complex Kalmykii: problem i puti ih resheniya // Vestnik institute komplexnyh issledovanij aridnyh territorij. Elista. – 2011. – № 2 (23). – S. 123-128.
3. **Dubenok N.N., Dedova E.B., Adjyaev S.B.** Phitomeliorativnaya rolj culjtur-osvoitelej zasolennyh zemel Kalmykii // Vestnik RASHN. – 2009. – № 6. – S. 22-25.
4. **Rudneva L.V., Goljdvarg B.A.** Himicheskij sostav i pitateljnostj kormovyh culjtur pri oroshenii mineralizavannyimi vodami // Bull. Kalmytskogo NII myasnogo skotovodstva. – 1989. – № 1. – S. 7-13.
5. **Rudneva L.V.** Resursoberegayushchie tehnologii vozdeleyvaniya cormovyh culjtur v polupustynnoj zone Prikaspiya pri oroshenii: Avtoref. Diss. Doctora s.-h. nauk. – M.: VNIIGiM, 1995. – 67 s.
6. **Dedova E.B.** Productivnostj i kachestvo Amaranthus paniculatus v smeshannyh posevah pri oroshenii v usloviyah Kalmykii / E.B. Dedova, S.L. Belopukhov, A.V. Davaev // Butlerovskie soobshheniya. – 2013. – № 4. V. 34. – S. 144-148.
7. **Dedova E.B., Davaev A.V.** Cormovye culjtury na meliorirovannyh zemlyah Respubliki Kalmykiya: Monographiya. – Volgograd: FGBNU VPO Volgradsky GAU, 2015. – 196 s.
8. **Belopukhov S.L., Buryakov N.P., Shnee T.V.** Himicheskaya sertifikatsiya seljskochozyajstvennoj productsii: Uchebnoye posobie. – M.: RGAU-MSHA imeni C.A. Timiryazeva, 2012. – 160 s.

The material was received at the editorial office
08.06.2016

Information about the authors

Dedova Eljvira Batyrevna, doctor of agricultural sciences, associate professor, director of the Kalmyk branch of FSBSI VNIIGiM named after A.N. Kostyakov; 358001, Republic of Kalmykia, Elista, pl. Godovikova, d. 1; e-mail: kf_vniigim@mail.ru

Belopukhov Sergej Leonidovich, doctor of agricultural sciences, professor RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Timiryazeva, d. 49; e-mail: belopuhov@mail.ru

Davaev Alexander Vladimirovich, senior researcher FSBSI Kalmytsky NIISH named after M.B. Narmaev; 358001, Republic of Kalmykia, Elista, pl. Godovikova, d. 5; e-mail: davaev.a.v@mail.ru

УДК 502/504:631.674(477)

В.И. КРЕМЕНСКОЙ, М.В. ВЕРДЫШ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», г. Симферополь, Республика Крым, Россия

СТОЧНЫЕ ВОДЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ РЕСУРС ПОВЫШЕНИЯ ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

В статье приведен опыт использования сточных вод для нужд орошения в зарубежных странах. Проведен анализ состояния отведения и очистки сточных вод в Республике Крым. Рассмотрены результаты использования сточных вод в Крыму в предыдущий период. Изучены возможности использования сточных вод в современных условиях с применением новых технологий очистки и техники полива. Определены перспективные районы внедрения орошения на сточных водах. Приведены особенности технологии выращивания сельскохозяйственных культур при использовании сточных вод на орошение сельскохозяйственных культур, а также их влияние на состояние почвы.

Орошение, оросительная система, сточные воды, очистные сооружения, подпочвенное орошение.

Введение. Сточные воды – воды, загрязненные бытовыми и производственными отходами, удаляемые с территорий населенных пунктов и промышленных предприятий системами водоотведения [1]. Использование хозяйственно-бытовых сточных вод в земледелии и сельском хозяйстве достаточно широко применяется, особенно в странах с засушливым климатом. Это позволяет экономить водные ресурсы, минеральные и органические удобрения, увеличивать производство продуктов питания. Полив зеленых насаждений очищенными сточными водами широко распространен в США, Германии, Израиле, Латинской Америке, Австралии, средиземноморских и арабских странах, в Северной Африке и Индии. Полив осуществляют как внутрипочвенно, с помощью сети подземных оросителей, так и поверхностно. К примеру, значительная часть стоков Мехико используется для ирригации более 80 тыс. га земли, занятой люцерной, маисом, ячменем, овсом и другими сельскохозяйственными культурами [2]. В Тунисе на нужды сельскохозяйственного и ландшафтного орошения используется 30...45% всех очищенных сточных вод. Вода после очистки используется на площади более 8 тыс. га для орошения зерновых, технических, цитрусовых и других культур, кроме овощных. За использование очищенных сточных вод взимается плата в размере 0,01 долл/м³ (2009 г.) в виде налога на воду. В будущем площадь земель, орошаемых сточными водами, планируется довести до 30 тыс. га [3].

Ввиду прекращения подачи воды по Северо-Крымскому каналу актуальной

является проблема поиска альтернативных источников водоснабжения, способных частично решить проблему нехватки воды для нужд орошаемого земледелия. Кроме повышения урожайности сельскохозяйственных культур, использование сточных вод для полива сельскохозяйственных культур дает возможность утилизировать сточные воды под воздействием жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, воздуха, солнечных лучей, обработки почвы и других факторов.

Результаты и обсуждения. Анализ существующей в Республике Крым ситуации с использованием сточных вод показал, что практически во всех городах и поселках сложилась сложная обстановка с их отведением и очисткой. По данным на 2014 год, на территории полуострова функционируют 116 канализационно-очистных сооружений общей мощностью 280,26 млн м³/год. Крупнейшие по производительности очистные сооружения – в г. Симферополе (170 тыс. м³/сут.), также большие очистные расположены в городах: Ялта – 80 тыс. м³/сут., Евпатория – 78 тыс. м³/сут. Наиболее широко представлены в Крыму очистные станции малых городов и поселков мощностью 0,5...10 тыс. м³/сут. (44 шт.) и сельских населенных пунктов мощностью 100...500 м³/сутк. (41 шт.). 68...85% объема сточных вод сбрасывается в Черное и Азовское моря, озеро Сиваш, реку Салгир и прочие водные источники, что негативно влияет на экологическое состояние водных объектов. В 2014 г. объем сточных вод, сброшенных в поверхностные водные источники, составил 120,6 млн м³.

Основным источником сточных вод являются коммунально-бытовые стоки, на долю которых приходится более 80% сброса сточных вод в поверхностные источники [4]. Наибольшие объемы сточных вод сбрасываются в городах: Симферополь –

44,16 млн м³, Ялта – 20,54 млн м³, Евпатория – 9,49 млн м³, Феодосия – 9,16 млн м³, а также в Красноперекопском районе – 13,51 млн м³. Динамика объемов общего водоотведения в Крыму приведена на рисунке 1.



Рис. 1. Динамика объемов сточных вод в Крыму (2000-2014 гг.)

В 70-90-е гг. в Крыму были проведены опыты по изучению влияния сточных вод на урожайность сельскохозяйственных культур и внедрены технологии орошения сточными водами в условиях производства. Результаты полевых опытов, производственной проверки и внедрения технологии использования городских сточных вод на сельскохозяйственных полях орошения Сакского, Симферопольского и Ленинского районов свидетельствовали о том, что орошение сточными водами обеспечивает повышение урожайности всех культур в севообороте в 2...4 раза. В условиях полевых опытов при орошении сточными водами г. Евпатории в зависимости от применяемых мелиоративных приемов урожайность кукурузы на силос составила 520...680 ц/га, озимой пшеницы – 43...72 ц/га, кормовой свеклы – 1930...2430 ц/га, без орошения – соответственно 211, 20 и 460 ц/га. В бывшем колхозе имени Горького Сакского района на участке внутрипочвенного орошения очищенными сточными водами на площади 50 га за 9 лет эксплуатации системы урожайность сельскохозяйственных культур составила: озимого ячменя – 41 ц/га; кукурузы на зеленую массу – 400 ц/га; люцерны на зеленую массу за 2 укоса – 360 ц/га; люцерны на семена – 6 ц/га. При орошении сточными

водами г. Симферополя в комплексе с мелиоративными и агротехническими мероприятиями урожайность кукурузы на зеленую массу увеличилась на 200...250 ц/га, озимой пшеницы – на 18...20 ц/га, многолетних трав – на 200...300 ц/га [5]. В опытном хозяйстве Крымского научно-исследовательского центра Института гидротехники и мелиорации в селе Желябовка Нижнегорского района на системе внутрипочвенного орошения сада и виноградника на площади 2,8 га проводился полив очищенной сточной водой круглогодично. За 12 лет эксплуатации системы урожайность винограда сорта Ркацителли составила от 70 до 158 ц/га. В 1991 г. в Крыму для нужд орошения использовалось около 17 млн м³ очищенных сточных вод в хозяйствах Симферопольского, Сакского и Ленинского районов.

Опыт применения орошения сточными водами в Крыму и в других районах показывает, что для выращивания на сельскохозяйственных полях орошения желательны культуры с высоким водопотреблением, выносом солей и биогенных веществ с урожаем, а также с возможностью максимальной механизации работ по уходу и уборке урожая. В соответствии с санитарно-гигиеническими и ветеринарными требованиями на орошаемых сточными водами уго-

дьях разрешается выращивать технические культуры, зерновые на фураж, кормовые, древесно-кустарниковые, в том числе декоративные и полезащитные насаждения. Выращивание плодовых культур, продукция которых идет на переработку, согласовывается со службами санитарно-эпидемиологического надзора с учетом санитарного качества сточных вод и санитарно-эпидемиологического состояния конкретного объекта. Не допускается орошение сточными водами овощей, бахчевых и ягодных культур.

Проектирование, строительство, эксплуатация оросительных систем с применением сточных вод и сельскохозяйственных полей орошения, а также качественный состав сточных вод, инженерно-технические мероприятия по охране водных ресурсов и почвы должны осуществляться с учетом требований СанПиН 2.1.7.573-96 «Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения», ГОСТ 17.1.2.03-90 «Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения», НТП-АПК 1.30.03.02-06 «Нормы технологического проектирования оросительных систем с использованием сточных вод», СНИП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения». Количество и размеры взвешенных частиц и механических включений принимают с учетом технических требований оросительной сети и техники полива. Принимается режим орошения, рекомендуемый в данной зоне с учетом ограничений, связанных с содержанием в воде минеральных солей и питательных веществ, а также карантинного срока между уборкой урожая и последним поливом, составляющим для условий Республики Крым не менее 10 дней. Наиболее эффективными, с точки зрения санитарно-экологической безопасности, являются оросительные системы с закрытой сетью, с применением внутрипочвенного способа полива с подачей воды через систему трубок-увлажнителей, заложенных на глубину 0,25...0,35 м. Внутрипочвенное внесение сточных вод исключает поверхностное загрязнение почвы патогенными микроорганизмами, а при правильном режиме орошения глубина промачивания не превышает 1 м, что исключает возможность загрязнения грунтовых вод, если они расположены на большей глубине.

При планировании размещения участков, орошаемых сточными водами, и выра-

щивании сельскохозяйственных культур на сельскохозяйственных полях орошения необходимо внедрение специально разработанных севооборотов, проведение агротехнических и мелиоративных мероприятий и ведение систематического гидрогеолого-мелиоративного контроля на орошаемых сточными водами участках [6, 7].

Многолетний опыт орошения сточными водами городов, расположенных в зоне степи Украины (Одессы, Кривого Рога, Донецка), показывает положительное влияние сточных вод на содержание органического вещества в почве. По сравнению с неорошаемыми участками его содержание в пахотном слое повышается в отдельных случаях на 0,3...1%. Также отмечается повышение содержания поглощенного натрия. При этом прослеживается прямая зависимость между содержанием натрия в оросительной воде и почвенном поглощающем комплексе. Увеличение объемной массы на 0,1...0,3 г/см³ объясняется изменением в структуре почвы и ее уплотнением при поливах, что особенно заметно при орошении водами с повышенной минерализацией.

В 2015 г. в Республике Крым были проведены исследования качества сточных вод г. Симферополя и коллекторно-дренажных вод Джанкойского района, а также технологии очистки сточных вод, разработанные ООО «Сибводразработка». Результаты исследований показали возможность достижения глубокой очистки сточных вод. Полученная вода по своим показателям (рН – 6...8; сумма солей – около 200...1000 мг/дм³, общая жесткость – от 2 до 10 мг-экв/дм³, сульфаты – не более 500 мг/дм³, хлориды ≈ 500 мг/дм³) может быть использована для полива зерновых, а также кормовых и технических культур.

Согласно данным по объемам очищенных сточных вод за вегетационный период в 2014 г. с учетом потерь при транспортировке и средней оросительной нормы для разрешенных к поливу сточными водами сельскохозяйственных культур были рассчитаны площади сельскохозяйственных угодий, которые могут орошаться сточными водами (табл. 1). Полученные данные свидетельствуют, что при полном использовании ресурса сточных вод Республики Крым и условии дополнительной очистки, а также ответственности санитарно-гигиеническим и экологическим нормам возможен полив около 18 тыс. га сельскохозяйственных угодий.

**Перспективные площади орошения очищенными сточными водами
в Республике Крым**

Наименование города, района	Объем сточных вод за вегетационный период, тыс. м ³	Возможные площади орошения сточными водами, га
Бахчисарайский район, в т.ч. г. Бахчисарай	511	153,2
Белогорский район, в т.ч. г. Белогорск	142	42,6
Джанкойский район, в т.ч. г. Джанкой	837	251,1
Кировский район	56	16,7
Красногвардейский район	1289	386,6
Красноперекопский район, в т.ч. г. Красноперекопск	6758	2027,3
Ленинский район	2782	834,5
Нижегородский район	-	-
Первомайский район	349	104,6
Раздольненский район	-	-
Сакский район, в т.ч. г. Саки	-	-
Симферопольский район, в т.ч. г. Симферополь	22083	6624,9
Советский район	-	-
Черноморский район	126	37,8
г. Судак	669	200,7
г. Алушта	2116	634,7
г. Евпатория	4750	1424,9
г. Керчь	3994	1198,1
г. Феодосия	4580	1373,9
г. Ялта	10270	3081,0
Всего по Республике Крым	61312	18392,6

Наиболее перспективными районами внедрения орошения сточными водами являются пригородные зоны г. Симферополя и прибрежных городов Ялты, Евпатории, Керчи, Феодосии, Алушты, а также некоторые районы степной части Крыма. На возможных площадях полива в горной части Республики Крым и на Южном берегу сточные воды при условии строгого соблюдения всех санитарно-экологических норм могут использоваться для полива технических сортов винограда, а также ландшафтного орошения декоративных насаждений вне рекреационных зон. В степной и предгорной частях Крыма сточные воды могут применяться для полива интенсивных зерно-кормовых севооборотов, насыщенных силосными культурами (кукурузой, сорго), однолетними и многолетними травами, бобовыми культурами с целью обеспечения устойчивой кормовой базы для животноводства. Также в этой зоне сточные воды могут использоваться для полива технических культур (подсолнечника, рапса, горчицы), полезационных лесонасаждений и древесных питомников.

Кроме бытовых сточных вод населенных пунктов, перспективным источником пригодных для орошения сточных вод являются индивидуальные очистные сооружения санаториев, пансионатов и домов отдыха, расположенных в приморской зоне. Рекреационные объекты оборудуются малыми очистными сооружениями, обеспечивающими глубокую очистку сточных вод. В Республике Крым широко представлены индивидуальные очистные системы фирм ЮБАС, EUROBION, BIOTAL, ТОПОЛ-ЭКО, БИОСИСТЕМЫ и др. Техническая вода, полученная в результате глубокой биологической очистки индивидуальными очистными сооружениями BIOTAL, имеет высокие показатели очистки, соответствующие нормам Европейского союза:

- БПК₅ (биологическая потребность в кислороде) ≤ 5...7 мг О₂/л;
- ХПК (химическая потребность в кислороде) ≤ 50 мг О₂/л.

Важным элементом подобных систем является применение обеззараживания ультрафиолетовым излучением от бактериологического загрязнения. За последние годы накоплен положительный опыт утилизации

хозяйственно-бытовых сточных вод пансионатов путем капельного внутрипочвенного полива в Черноморском, Симферопольском и Ленинском районах, а также на южном берегу Крыма.

Выводы

При дальнейших исследованиях по обоснованию технологии орошения сточными водами в условиях Республики Крым необходимо:

- проведение систематических анализов химического состава сточных вод всех перспективных для использования источников и их осадков на соответствие агрономическим, экологическим, санитарно-эпидемиологическим критериям, а также мониторинг почвенного покрова и контроль качества выращенной на орошении сточными водами продукции;

- разработка элементов технологий выращивания сельскохозяйственных культур и обработки почвы с учетом качества поливной воды, биологических особенностей культур, почвенно-гидрологических и экономических условий;

- расчет экономической эффективности капитальных вложений в строительство или реконструкцию участков, орошаемых сточными водами, с учетом величины предотвращенного экологического ущерба водным источникам; при проектировании новых участков – их размещение как можно ближе к источнику стоков с целью уменьшения затрат на строительство оросительной сети и водоподачу, минимизации влияния сточных вод на окружающую среду.

При подтверждении экономической эффективности и экологической безопасности имеющихся схем очистки сточных вод целесообразна разработка проектов строительства объектов водоподготовки для целей орошения с включением их в программы развития сельского хозяйства и водохозяйственно-мелиоративного комплекса Республики Крым как на региональном, так и на федеральном уровнях.

Библиографический список

1. Мелиорация и водное хозяйство // Орошение: Справочник. Т. 6. / Под ред. Б.Б. Шумакова. – М.: Агропромиздат, 1990. – 415 с.
2. **Мара Д., Кэрнкросс С.** Руководство по безопасному использованию сточных вод и экскрементов в сельском хозяйстве и аквакультуре: меры по охране здоровья людей. – Женева, Всемирная организация здоровья, 1992. – 213 с.
3. **Quadir M., Wichelns D., Raschid-Sally L., McCornick P.G., Drechsel P., Bahri A., Minhas P.S.** The challenges of wastewater irrigations in developing countries / Agricultural Water Management Volume 97, Issue 4, April 2010, Pages 561-568.
4. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2014 году [Электронный ресурс]. – URL: <http://meco.rk.gov.ru>.
5. Использование сточных вод для орошения / Ю.Г. Бескровный, М.В. Козинец, В.И. Бойко и др.; Под ред. Ю.Г. Бескровного. – Киев: «Урожай», 1989. – 160 с.
6. **Ушкаренко В.О.** Зрошуване землеробство / Під ред. В.О. Ушкаренко. – Киев: «Урожай», 1994. – 328 с.
7. **Коваленко П., Чернокозинський А., Сало Т.** Рекомендації до використання стічних вод міст для зрошення. – Киев: ІГМ НААНУ, 2010. – 60 с.

Материал поступил в редакцию 30.05.2016 г.

Сведения об авторах

Вердыш Михаил Валериевич, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН НИИСХ Крыма, 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь ул. Киевская, д.150; тел.: +7(978)214 46 39; e-mail: supernova1984@list.ru

Кременской Владимир Иванович, научный сотрудник, ФГБУН НИИСХ Крыма, 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь ул. Киевская, д. 150; тел.: +7(978) 802 80 68; e-mail: kvi19497@rambler.ru

V.I. KREMENSKOJ, M.V. VERDYSH

Federal state budget institution of science «Research institute of agriculture of the Crimea», Simferopol, Republic of the Crimea, the Russian Federation

WASTE WATER AS A PERSPECTIVE RESOURCE OF INCREASING WATER AVAILABILITY OF THE REPUBLIC OF THE CRIMEA

The article presents the experience of using wastewater for irrigation in foreign countries. The analysis of the state of wastewater disposal and treatment in the Republic of Crimea has been done. Results of the use of wastewater in the Crimea in the previous period are considered. Possibilities of use of wastewater under modern conditions with the use of new treatment technologies and irrigation equipment are studied. The probable areas in the implementation of wastewater irrigation are identified. The features of the technology of growing crops using wastewater as well as their impact on the soil are listed.

Irrigation, irrigation system, wastewater, wastewater treatment plants, subsurface irrigation.

Reference

1. Melioratsia vodnoye hozyaistvo // Oroshenie: Spravochnik. T. 6 / Pod red. B.B. Shumakova. – M.: Agropromizdat, 1990. – 415 s.

2. **Mara D., Kernkross S.** Rukovodstvo po bezopasnomu ispolzovaniyu stochnykh vod I excrementov v sel'skom hozyajstve i aquacul'ture: mery po ohrane zdorov'ya lyudej. – Geneva, Vsemirnaya organizatsiya zdorovia, 1992. – 213 s.

3. **Quadir M., Wichelns D., Raschid-Sally L., McCornick P.G., Drechsel P., Bahri A., Minhas P.S.** The challenges of wastewater irrigations in developing countries / Agricultural Water Management Volume 97, Issue 4, April 2010, Pages 561-568.

4. Doklad o sostoyanii i ohrane okruzhayushchej sredy na territorii Respubliki Krym v 2014 godu [Elektronnyy resurs]. – URL: <http://meco.rk.gov.ru/>

5. Ispolzovanie stochnykh vod dlya oroshenia / Yu.G. Beskrovny M.V., Kozinets, V.I. Boiko i dr.; Pod red. Yu.G. Beskrovnogo. – Kiev: «Urozhai», 1989. – 160 s.

6. **Ushkarenko V.O.** Зрошуване землеробство / Під ред. V.O. Ushkarenko. – Киев: «Urozhai», 1994. – 328 s.

7. **Kovalenko P., Chornokozinjskoj A., Salo T.** Рекомендації до використання стічних вод міст для зрошення. – Киев: ІГМ НААНУ, 2010. – 60 с.

The material was received at the editorial office
30.05.2016

Information about the authors

Verdysh Mekhail Valerievich, candidate of economic sciences, senior researcher, FSBIS NIISH of the Crimea, 295493, Russia, the Republic of Crimea, Simferopol, ul. Kievskaya, d. 150; тел.: +7(978)214 46 39; e-mail: supernova1984@list.ru

Kremenskoj Vladimir Ivanovich, researcher, FSBIS NIISH of the Crimea, 295493, Russia, the Republic of Crimea, Simferopol, ul. Kievskaya, d. 150; тел.: +7(978) 802 80 68; e-mail: kvi19497@rambler.ru

УДК 502/504:626.823:532.5

А.М. КУШЕР

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»), г. Москва

ГИДРОМЕТРИЧЕСКИЕ ЛОТКИ ДЛЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

В статье приведены критерии выбора гидрометрического лотка и представлены результаты расчета серии гидрометрических лотков критической глубины с минимальным подпором верхнего бьефа в земляных облицованных оросительных каналах с малыми уклонами. Рассмотрена возможность проектирования и приведен пример гидрометрического лотка, обеспечивающего минимальное заиливание верхнего бьефа. Приведенные данные доказывают применимость лотков критической глубины в оросительных каналах с малыми уклонами. В качестве инструментария использованы разработанный программный комплекс на основе численного решения системы уравнений Навье-Стокса в трехмерной постановке и программный комплекс анализа и расчета гидрометрических лотков по методу M.G. Vos'a. По результатам лабораторных и натурных экспериментов погрешность расчета расходной зависимости не превышала 2...4%. Учитывая универсальность метода, разработанный инструментарий можно использовать для проектирования широкого круга гидрометрических конструкций, а также для повторной калибровки существующих гидрометрических сооружений, в том числе построенных с нарушением трудно выполнимых требований стандартов. Параметры гидрометрических лотков, вычисленные с помощью разработанного математического обеспечения, предельно точно учитывают поставленные требования и одновременно – геометрические и гидравлические характеристики оросительных каналов. Приведенные расчетные данные доказывают применимость лотков критической глубины в оросительных каналах с малыми уклонами.

Гидрометрия, гидрометрическое сооружение, гидрометрический лоток критической глубины, расходная зависимость, точность измерений.

Введение. В мировой практике для измерения расходов воды в оросительных каналах широко применяются гидрометрические сооружения (конструкции). За исключением сооружений типа «Фиксированное русло», имеющих низкую достоверность измерений, принцип работы гидрометрических конструкций основан на трансформации режима течения от спокойного (докритического) в сверхкритический, и далее – обратно в докритический в отводящем канале. Структура потока в большинстве таких сооружений имеет трехмерный характер. Кроме того, на участках криволинейного течения профиль давления отличается от гидростатического распределения, свойственного равномерному и медленно изменяющемуся потоку.

В большинстве случаев расходные характеристики таких конструкций получены на основе предварительных экспериментальных исследований на моделях сооружений. Для получения декларируемой точности измерений необходимо строгое соблюдение условий модельных исследований, что не всегда осуществимо из-за отсутствия необходимой информации.

Водосливы с тонкой стенкой вызывают наибольший подпор верхнего бьефа и могут

применяться только в каналах с большим запасом строительной глубины и низким содержанием взвешенных наносов. Недостатком лотков Паршалла, лотков САНИИРИ, водосливов с широким прямоугольным порогом и большинства других является низкий коэффициент предельного затопления ($S < 0,5 \dots 0,6$), что делает невозможным выполнение точных измерений в типичном для оросительных каналов подпорно-переменном режиме. Кроме того, как показали последние исследования с применением современных средств измерений, расходные характеристики ряда типоразмеров лотков Паршалла отличаются от стандартной степенной зависимости, а погрешность измерений существенно превышает декларируемую точность 5% [1].

Наиболее совершенными с точки зрения взаимовлияния сооружения и канала являются лотки критической глубины. Их отличают малый подпор верхнего бьефа, высокий коэффициент предельного затопления (при оптимальном выборе) и отсутствие необходимости калибровки перед началом эксплуатации. В отличие от большинства конструкций с вертикальными передними стенками лотки критической глубины могут применяться в каналах с малым запасом по глубине

и (или) малым продольным уклоном. Обычно значения уклона оросительных каналов находятся в диапазоне $I = 0,00005 \dots 0,0005$.

В документе ISO 4359 стандартизован полуэмпирический метод расчета лотков с трапецеидальной и U-образной формой поперечного сечения горловины [4]. В принятой модели течения присутствуют коэффициенты и аналитические зависимости нефизического происхождения, полученные, очевидно, при обработке экспериментальных данных, что делает невозможным применение этой модели для гидрометрических лотков другой формы. Результаты численного и физического моделирования гидрометрических лотков не подтверждают принятую в стандартном методе гипотезу идентичности структуры потоков на плоской пластине и в горловине лотка критической глубины.

Результаты расчетов и анализа. В работе представлены потенциальные возможности и результаты расчета гидрометрических лотков критической глубины с наиболее важными гидрометрическими и эксплуатационными параметрами. В качестве инструментария для исследования лотков критической глубины использованы разработанные в ГБНУ ВНИИГиМ программный комплекс на основе решения системы уравнений движения Навье-Стокса, уравнений неразрывности и VOF (Volume-Of-Fluid) в трехмерной постановке и программный комплекс анализа и расчета гидрометрических лотков по методу Vos'a [5, 6]. Для обеспечения предельной точности гидравлический расчет выполняется на структурированной сетке. Предыстория потока учитывается вновь разработанным входным краевым условием «Глубина – форма профиля скорости».

Течение в гидрометрическом лотке определяется структурной трансформацией потока и зависит от формы сооружения, длины горловины, напора, величины и профиля скорости в подводящем канале. Как следует из теории пограничного слоя, толщина слоя в конфузоре (в данном случае это секция сопряжения с подводящим каналом) уменьшается за счет градиента давления в продольном направлении. Структура потока в горловине практически полностью определяется геометрией внешних границ потока. Как показали исследования, поле скоростей и расходная характеристика гидрометрического лотка критической глубины слабо зависят от шероховатости стенок. Преобладающим фактором, определяющим гидравлические и метрологические параметры, является форма попе-

речного сечения контрольной секции (горловины). По результатам наших исследований второй по значимости влияния на точность измерений является форма профиля скоростей в подводящем канале, что учтено при разработке программного обеспечения [5, 7].

Важнейшими характеристиками гидрометрического лотка являются:

- минимальный подпор верхнего бьефа на максимальном расходе. Нижняя граница подпора определяется условием свободного истечения на выходе лотка, а верхняя – предельной глубиной воды в подводящем канале на максимальном расходе;

- минимальное изменение режима потока в верхнем бьефе, вызывающего осаждение взвешенных наносов, что особенно проявляется на малых расходах (скоростях потока);

- максимальный диапазон измеряемых расходов при заданном диапазоне напоров в верхнем бьефе (если изначально не задан). Максимально допустимый напор зависит от принятого запаса по глубине в подводящем канале. Для предотвращения переполнения канала, например, из-за изменчивости шероховатости стенок подводящего канала, отложения наносов или влияния растительности, величина коэффициента запаса по глубине принята равной 10...20%.

В таблицах 1, 2 представлены вычисленные параметры серии трапецеидальных лотков критической глубины с минимальным подпором верхнего бьефа в земляном ($n = 0,030$) и облицованном ($n = 0,015$) трапецеидальном канале с уклоном $I = 0,00005$ и $I = 0,0005$. Параметры типичной геометрии оросительных каналов взяты из [8].

Здесь B_c – ширина канала по дну; m_c – коэффициент откоса канала; h_c – строительная глубина канала; L_{con} – длина входной секции лотка (секции сжатия потока); L_t – длина контрольной секции (горловины); L_{div} – сокращенная длина выходной секции (рис. 2); B_t – ширина трапецеидальной горловины по дну; m_t – коэффициент откоса трапецеидальной горловины; p_t – высота порога (разность уровней дна подводящего канала и горловины); Q_{min} и Q_{max} – границы диапазона измеряемых расходов; d_{min} и d_{max} – величина подпора верхнего бьефа на границах диапазона расходов; a, b, c, d – коэффициенты степенного полинома, аппроксимирующего расходную кривую $Q = a + b \cdot h + c \cdot h^d$, где Q – расход воды, куб. см/с, h – геометрический напор, см; σ – среднеквадратическое отличие расчетных и аппроксимированных значений расхода.

**Геометрические и гидравлические параметры
трапецеидальных лотков критической глубины с минимальным подпором
верхнего бьефа в трапецеидальном облицованном канале ($n = 0,015$)
с уклоном $I = 0,00005$ и $I = 0,0005$**

N	1	2	3	...	18	19	20
Геометрия поперечного сечения канала							
B_c , м	0,4	0,4	0,4	...	1,5	1,5	1,5
m_c	1,0	1,0	1,5	...	1,5	2,0	2,0
H_c , м	0,35	1,5	0,5	...	3,0	1,5	3,0
Параметры лотка в канале с уклоном $I = 0,00005$							
$L_{con} \times 10^2$, м	60,581	193,19	78,346	...	494,776	454,09	417,38
$L_t \times 10^2$, м	20,1	97,6	29,5	...	218,9	124,0	159,0
$L_{div} \times 10^2$, м	61,2	191,6	83,2	...	529,9	456,3	432,0
$B_t \times 10^2$, м	4,667	0	0	...	0	0	140,4
m_t	2,633	1,280	3,0575	...	1,915	2,046	3,733
$p_t \times 10^2$ м	15	57	21	...	99	40	138
$Q_{min} \times 10^3$, м ³ /с	2,6	4,6	2,1	...	18,8	7,2	96,7
$Q_{max} \times 10^3$, м ³ /с	24,0	505,3	61,5	...	5718,5	1472,5	7367,5
$d_{min} \times 10^2$, м	12,3	56,3	19,5	...	103,2	43,7	121,0
$d_{max} \times 10^2$, м	1,4	6,5	1,9	...	13,7	8,0	10,8
a	-308,6	0	-261,5	...	0	-155,7	0
b	207,8	12,89	81,32	...	43,3	21,52	6173
c	32,09	12,87	30,74	...	18,03	20,54	147,1
d	2,538	2,553	2,574	...	2,559	2,551	2,32
σ , %	0,03	0,15	0,10	...	0,46	0,19	0,41
Параметры лотков в канале с уклоном $I = 0,0005$							
$L_{con} \times 10^2$, м	36,615	106,26	43,0	...	164,77	94,36	159,86
$L_t \times 10^2$, м	37,5	152,2	53,5	...	326,0	150,7	318,5
$L_{div} \times 10^2$, м	36,45	105,4	42,6	...	179,3	93,3	159,2
$B_t \times 10^2$, м	7,350	0	0	...	108,0	122,3	100,2
m_t	1,683	1,360	2,184	...	1,630	2,573	2,460
$p_t \times 10^2$ м	4,5	25	6,5	...	40	28	46
$Q_{min} \times 10^3$, м ³ /с	2,5	5,4	1,5	...	224,6	75,0	222,5
$Q_{max} \times 10^3$, м ³ /с	75,8	1631,0	193,8	...	18567,0	4916,0	23511,8
$d_{min} \times 10^2$, м	5,8	29,7	8,8	...	38,5	25,9	44,7
$d_{max} \times 10^2$, м	1,4	5,5	1,9	...	11,1	5,1	9,9
a	-35,78	1249	-1046	...	0	0	0
b	233	49,86	274,7	...	7002	5377	7108
c	25,04	9,108	13,62	...	48,8	109,5	37,52
d	2,515	2,655	2,711	...	2,41	2,345	2,522
σ , %	0,20	0,5	0,55	...	0,40	0,46	0,46

**Геометрические и гидравлические параметры
трапецеидальных лотков критической глубины с минимальным подпором
верхнего бьефа в трапецеидальном необлицованном канале ($n=0,030$)
с уклоном $I = 0,00005$ и $I = 0,0005$**

N	1	2	3	...	18	19	20
Геометрия поперечного сечения канала							
B_c , м	0,4	0,4	0,4	...	1,5	1,5	1,5
m_c	1,0	1,0	1,5	...	1,5	2,0	2,0
H_c , м	0,35	1,5	0,5	...	3,0	1,5	3,0
Параметры лотка в канале с уклоном $I = 0,00005$							
$L_{con} \times 10^2$, м	103,37	344,84	164,0	...	1065,6	600,32	1229,43
$L_t \times 10^2$, м	20,048	129,47	30,841	...	292,95	98,76	234,49
$L_{div} \times 10^2$, м	101,15	307,03	161,17	...	936,157	592,28	1131,27
$B_t \times 10^2$, м	7	0	0	...	0	0	0
m_t	0,7725	0,2982	1,2667	...	0,42	1,7952	0,9552
$p_t \times 10^2$ м	15	36	20	...	50	56	88
$Q_{min} \times 10^3$, м ³ /с	1,7958	0,816	4,96	...	7,03	6,62	10,88
$Q_{max} \times 10^3$, м ³ /с	11,208	225,37	28,497	...	2519,42	733,82	3370,54
$d_{min} \times 10^2$, м	10,77	40,23	14,65	...	61,70	56,84	92,34
$d_{max} \times 10^2$, м	2,32	12,0	3,21	...	26,09	8,16	19,36
a	1	1	1	...	1	1	1
b	127,5	-24,87	-3,162	...	-133,3	-11,46	-103,9
c	33,66	2,558	15,25	...	4,02	20,07	10,35
d	2,202	2,572	2,515	...	2,546	2,527	2,528
σ , %	0,029	0,50	0,01	...	0,41	0,03	0,03
Параметры лотков в канале с уклоном $I = 0,0005$							
$L_{con} \times 10^2$, м	50,225	171,07	64,850	...	578,08	226,58	734,77
$L_t \times 10^2$, м	23,417	127,64	38,962	...	312,22	131,49	306,12
$L_{div} \times 10^2$, м	50,22	171,65	75,907	...	544,31	267,75	686,97
$B_t \times 10^2$, м	17,6	0	0	...	0	0	0
m_t	1,82	1,0119	2,3524	...	1,2115	2,8509	1,582
$p_t \times 10^2$ м	13	38	15	...	40	36	44
$Q_{min} \times 10^3$, м ³ /с	4,47	3,52	1,596	...	28,92	10,28	36,50
$Q_{max} \times 10^3$, м ³ /с	37,49	783,08	95,185	...	8796,91	2392,3	10949,4
$d_{min} \times 10^2$, м	9,98	40,95	15,74	...	50,97	40,07	52,90
$d_{max} \times 10^2$, м	1,55	7,48	2,25	...	16,47	6,56	16,80
a	1	1	1	...	1	1	1
b	374,2	16,96	18,98	...	-13,7	208,6	5,855
c	68,63	9,557	25,0	...	11,17	24,35	14,7
d	2,267	2,567	2,56	...	2,562	2,593	2,562
σ , %	0,10	0,32	0,14	...	0,09	0,78	0,21

Изменение режима течения в верхнем бьефе после установки гидрометрического сооружения вызывает осаждение взвешенных наносов, что особенно проявляется на малых расходах (скоростях потока). Минимальное влияние гидрометрического сооружения на гидравлику потока в подводящем канале имеет место при максимальном совпадении их расходных характеристик. Проведенный

анализ показал возможность расчета лотка как трапецидальной, так и параболической формы, отвечающего данному условию. Число таких конструкций не превышает нескольких процентов от общего числа возможных вариантов. На рисунке 1 приведены параметры гидрометрического лотка, вычисленного по критерию минимального заиления подводящего канала.

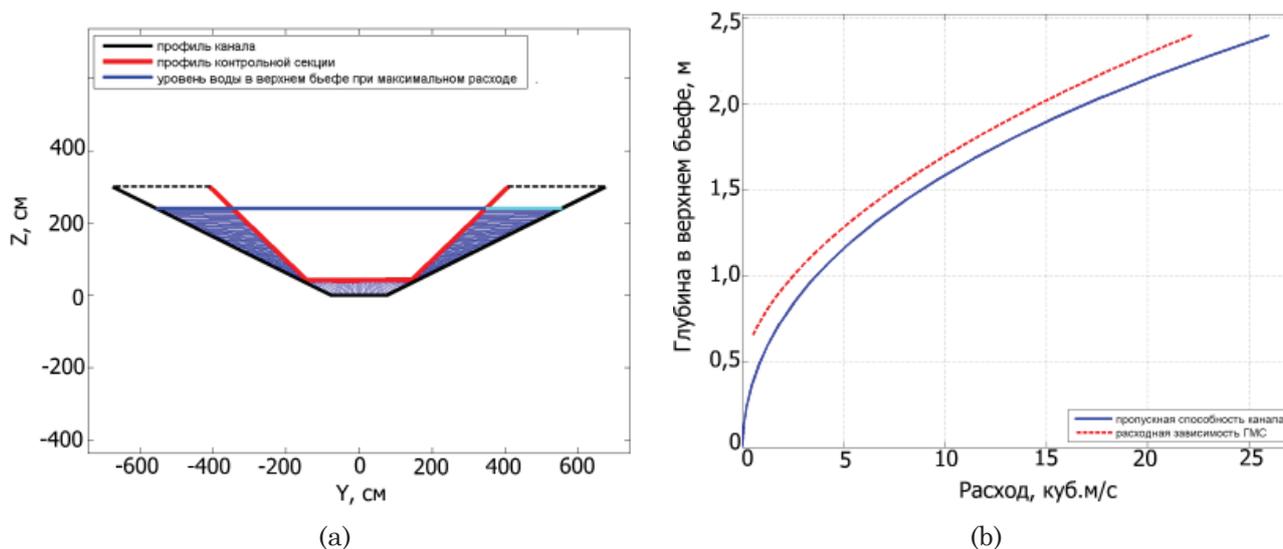


Рис. 1. Гидрометрический лоток критической глубины для минимального заиления подводящего канала: а – геометрия поперечного сечения; б – расходная характеристика. Канал: $B_c = 1,5$ м; $m_c = 2$; $I_c = 0,0005$; $n = 0,015$. Гидрометрический лоток: $B_t = 2,862$ м; $m_c = 1,0308$; $p_t = 0,42$ м

Помимо гидравлических параметров, при расчете оптимальной геометрии гидрометрического лотка предусмотрены метрологические и конструкционные критерии. Это, в частности, – линейность расходной зависимости $Q = f(h_{вв})$ и её крутизна на отдельных участках кривой расхода, что необходимо для повышения точности отсчета уровня воды уровнемерами надводного и подводного типов, а также максимальный диапазон измерений (если не заданы требуемые границы). Конструкционные критерии служат для оценки необходимости фундамента (для оценки веса вычисляется объем сооружения в существующем канале) и упрощения технологии строительства (вычисляются конструкции с заданными геометрическими параметрами). Для облегчения проектирования в математическом обеспечении предусмотрен расчет сложной геометрии участков сопряжения лотка с каналом. Расчет конструкции, оптимальной по нескольким параметрам, может выполняться по двум алгоритмам:

на основе максимального критерия и методом ранжирования.

Простейшим вариантом реализации лотка критической глубины в небольших каналах является лоток с цилиндрической горловиной. На рисунке 2 приведены характеристики цилиндрического лотка в трапецидальном канале ($B_c = 0,4$ м; $m_c = 1$; $I_c = 0,0005$). Внутренний диаметр горловины лотка – 0,5 м.

Достоверность расчета гидрометрических лотков проверялась по данным лабораторных и натурных измерений. Различие экспериментальных и расчетных значений расхода не превышало 1...2% [5, 7]. Лабораторные эксперименты показали, что значения коэффициента предельного затопления могут достигать значений 0,9...0,95, что существенно превышает рекомендуемые (например, в МИ 2406-97) значения $S_{max} = 0,7...0,75$. Кроме того, обязательно стандартное требование наличия входных закруглены закрывков. Главным условием является безотрывный вход потока в горловину для сокращения

потерь кинетической энергии. Это условие соблюдается при $L_{\text{con}}/d_B = 2...3$ (d_B – максимальная разность значений ширины подводящего канала и горловины) на пре-

дельной глубине в верхнем бьефе. Результаты исследований учтены при разработке программного обеспечения (голубая линия – на рисунке 1а).

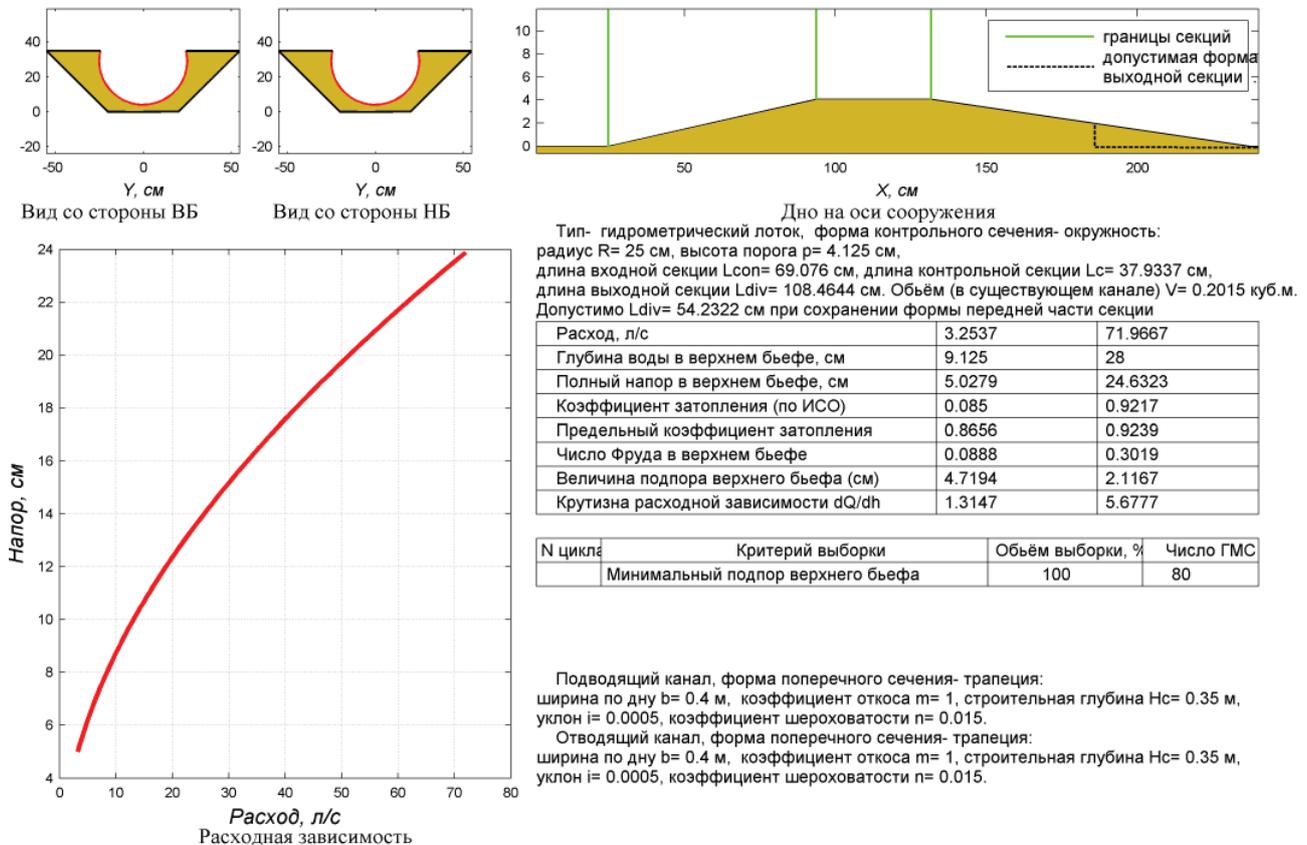


Рис. 2. Результаты расчета цилиндрического лотка критической глубины

Натурные исследования проведены на лотке критической глубины с расходом до 5 м³/с, спроектированным с участием ВНИИГиМ и построенном в Дагестане на участке Карабудахкентского УОС канала Октябрьской революции (рис. 3) [9]. Параметры канала и лотка составляют: $B_c = 1,7$ м; $m_c = 2$; $H_c = 2,4$ м; $B_t = 0,62$ м; $m_t = 0,8$; $p_t = 0,2$ м; $L_{\text{con}} = 4,5$ м; $L_t = 2,9$ м; $L_{\text{div}} = 9,5$ м (L_{con} , L_t , L_{div} – длина входной секции, горловины и выходной секции соответственно).

Измерения расхода воды выполнялись методом «Скорость-площадь» с применением гидрометрической вертушки ГМЦМ Микро-01. Геометрический напор $h = 0,7$ м. Расчет общего расхода выполнялся 2 способами: а) суммированием расходов в отдельных отсеках с центром в точке расположения измерителя ($Q_1 = 1,023$ м³/с) и б) по средним скоростям на вертикалях согласно МИ 1759-87 ($Q_2 = 0,995$ м³/с).

По результатам численного моделирования потока в гидрометрическом лотке с геометрией натурального объекта различие

экспериментального и расчетного расходов составило $\delta_{Q1} = 4\%$, $\delta_{Q2} = 1,4\%$. Показанные на рисунке 4 эпюры скорости и профиль свободной поверхности – интерполяция трехмерной структуры потока на вертикальную плоскость вдоль оси канала (XOZ).



Рис. 3. Опытный образец гидрометрического лотка критической глубины на канале КОР в Дагестане

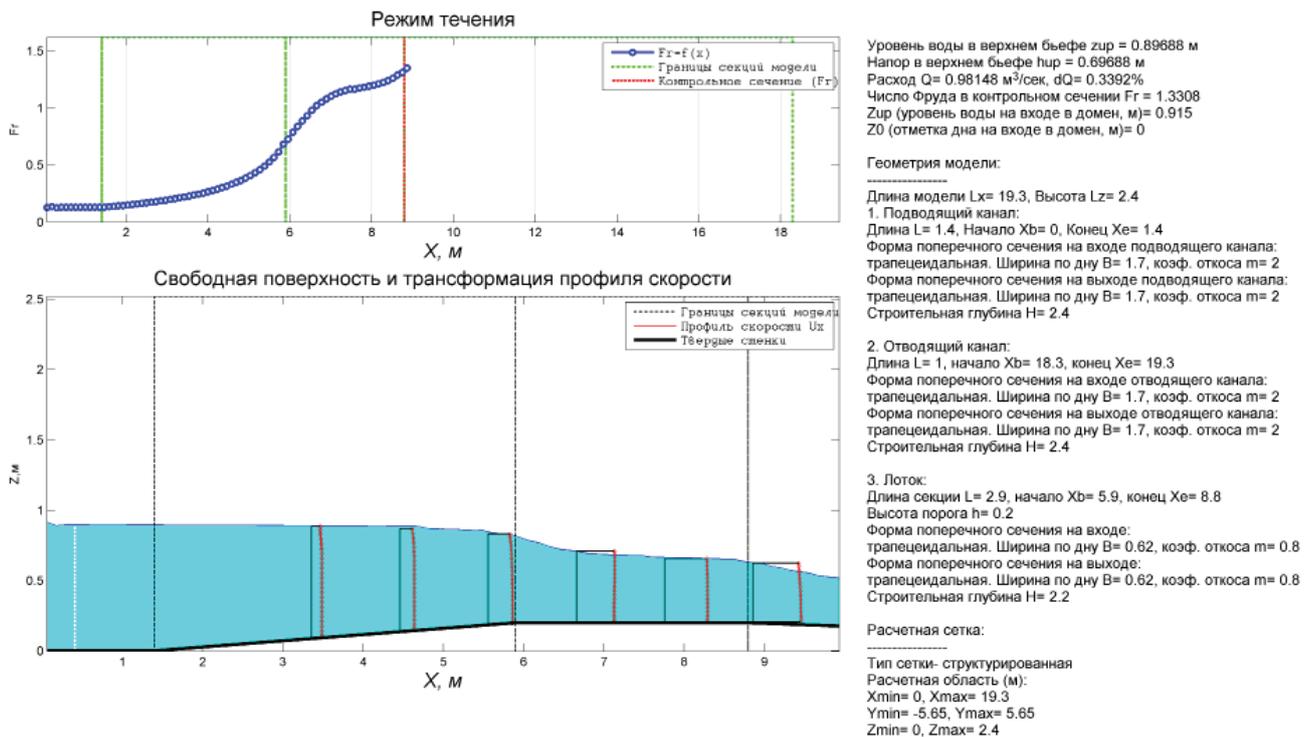


Рис. 4. Результаты численного расчета гидрометрического лотка на канале КОР

Выводы

Параметры гидрометрических лотков, вычисленные с помощью разработанного математического обеспечения, предельно точно учитывают поставленные требования, и одновременно – геометрические и гидравлические характеристики оросительных каналов.

Приведенные расчетные данные доказывают применимость лотков критической глубины в оросительных каналах с малыми уклонами.

Учитывая универсальность метода, разработанный инструментарий можно использовать для проектирования широкого круга гидрометрических конструкций, а также для повторной калибровки существующих гидрометрических сооружений, в том числе построенных с нарушением часто трудно выполнимых требований стандартов.

Библиографический список

1. Steven J. Wright, Blake P. Tullis, Tamara M. Long. Recalibration of Parshall flumes at low discharges. *J. Irrigation and Drainage Engineering*. 1994; 120(2):348-362.
2. Ackers P., White W.R., Perkins T.A., Harrison A.J. *Weirs and Flumes for Flow Measurement*. Chichester-New York-Brisbane-Toronto, John Wiley and Sons, 1978.
3. Bos M.G., Replogle S.A., Clemmens A.J. *Flow Measuring Flumes in Open Channel Systems*. Chichester-New York-Bris-

bane-Toronto-Singapore, John Wiley and Sons, 1984.

4. ISO 4359 «Liquid flow measurement in open channels – Rectangular trapezoidal and U-shaped flumes». – Geneva, ISO, 1980. Ревизия: ISO 4359:2013.

5. Кушер А.М. Разработать метод и компьютерную технологию расчета гидрометрических лотков, НТО. – М.: ГНУ ВНИИГиМ, 2011.

6. Кушер А.М. Расчет и выбор конструкции гидрометрического лотка на каналах водохозяйственных систем // *Материалы Международной научно-прак. конференции «Проблемы развития мелиорации и водного хозяйства и пути их решения»*. Ч. 4: Водные объекты: состояние, проблемы и пути их решения». – М.: МГУП, 2011. – С. 176-183.

7. Кушер А.М. Исследование гидрометрических лотков с длинной горловиной численным методом // *Мелиорация и окружающая среда: Юбилейный сб. научных трудов*. Т. 2 / ВНИИГиМ. – М.: ВНИИГиМ, 2004. – С. 105-115.

8. Филиппов Е.Г. *Гидравлика гидрометрических сооружений для открытых потоков*. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 24 с.

9. Разработать теорию гидравлики гидрометрических сооружений и технологии водоучета на мелиоративных системах. НТО. – М.: ВНИИГиМ, 2004.

Материал поступил в редакцию 31.03.2016 г.

Сведения об авторе

Кушер Анатолий Михайлович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Ко-

стякова», 127550, г. Москва, ул. Б. Академическая, 44; тел.: 8(499)154-52-09; e-mail: esongamk@pochtamt.ru

A.M. KUSHER

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

FLOW-MEASURING FLUMES FOR IRRIGATION CANALS

The hydrometric structures (devices) are widely used in the world to measure flow rate in irrigation canals. The critical depth flumes are the best ones from the point of view of interdependence of a channel and flow-measuring structure. They have a small backwater, a high submergence limit (at the optimal choice) and don't require initial calibration.

In the article there are given criteria of choice of a flow-measuring flume and calculation results of hydrometrical flumes series of critical depth with a minimal backwater upstream in earth and lined channels with small inclinations. There is considered a possibility of designing and is given an example of a flow-measuring flume which provides the minimal sedimentation upstream. The given data prove the applicability of flumes of critical depth in irrigation canals with small inclinations.

As an instrumentation there were used a developed software complex on the basis of the numerical decision of the Navier-Stokes equation system in a three-dimensional model and software complex of analysis and calculation of hydrometrical flumes according to the M.G. Bos's method. By comparing the results of laboratory and full-scale experiments it was found that the inaccuracy of the discharge dependence was 2...4% max. Taking into consideration the universality of the method the developed instrumentation can be used for designing a wide circle of flow-measuring structures as well as for a recalibration of existing hydrometrical structures including those built with breaching of the hardly fulfilled standards requirements. Parameters of hydrometrical flumes calculated by means of the developed software take extremely accurately into account the requirements and simultaneously – geometrical and hydraulic characteristics of irrigation canals. The given initial data prove the applicability of flumes of critical depth in irrigation canals with small slopes.

Hydrometry, flow-measuring structure, critical depth flume, discharge curve, measurement accuracy.

References

1. **Steven J. Wright, Blake P. Tullis, Tamara M. Long.** Recalibration of Parshall flumes at low discharges. *J. Irrigation and Drainage Engineering*. 1994; 120(2):348-362.
2. **Ackers P., White W.R., Perkins T.A., Harrison A.J.** Weirs and Flumes for Flow Measurement. Chichester-New York-Brisbane-Toronto, John Wiley and Sons, 1978.
3. **Bos M.G., Replogle S.A., Clemmens A.J.** Flow Measuring Flumes in Open Channel Systems. Chichester-New York-Brisbane-Toronto-Singapore, John Wiley and Sons, 1984.
4. ISO 4359 «Liquid flow measurement in open channels – Rectangular trapezoidal and U-shaped flumes». – Geneva, ISO, 1980. Revision: ISO 4359:2013.
5. **Kusher A.M.** Razrabotatj metod I kompyuternuyu tehnologiyu rascheta hydrometricheskikh lotkov, NTO. – M.: GNU VNIIGiM, 2011.
6. **Kusher A.M.** Raschet I vybor constructsii hydrometricheskogo lotka na kanalah vodohozyaistvennyh system // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prac. Conferentsii «Problemy razvitiya melioratsii I vodnogo hozyaistva i puti ih resheniya». Ch. 4: Vodnye object: sostoyanie, problem I puti ih resheniya». – M.: MGUP, 2011. – S. 176-183.
7. **Kusher A.M.** Issledovanie hydrometricheskikh lotkov s dlinnoj gorlovinoj chislennym metodom // Melioratsiya i okruzhayushchaya sreda: Yubilejny sb. Nauchnyh trudov. V. 2 / VNIIGiM. – M.: VNIIGiM, 2004. – S. 105-115.
- Investigation of the long throated flow-measuring flumes using a numerical method:
8. **Filippov E.G.** Hydraulika hydrometricheskikh sooruzhenij dlya otkrytyh potokov. – L.: Hydrometeoizdat, 1990. – 24 s.

9. Razrabotajj teoriyu hidravliki hydro-metricheskikh sooruzhenij i tehnologii vodoucheta na meliorativnyh systemah. NTO. – M.: VNIIGiM, 2004.

The material was received at the editorial office
31.03.2016

Information about the author

Kusher Anatolij Mikhailovich, candidate of technical sciences, leading researcher, FSBSI «The All-Russian scientific research institute of hydraulic engineering and land reclamation named after A.N. Kostyakov», 127550, Moscow, ul. B. Academicheskaya, 44; tel.: 8 (499) 154-52-09; e-mail: econgamk@pochtamt.ru

УДК 502/504:631.365

Н.А. РОМАНЕЕВ, В.В. ВАРЫВДИН, Д.А. БЕЗИК

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный аграрный университет», г. Брянск, Россия

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОПОРЫ НОРИИ МЕТОДОМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН

Условия работы машин, в частности, сельскохозяйственных, формируют определенные требования к конструкции узлов и отдельных деталей, к их компоновке, объему средств, привлекаемых на разработку и запуск в производство. С помощью компьютерной программы, позволяющей изменять параметры модели, добиваясь наилучших конструктивных соотношений, провели проверочный расчет норийной башни сушилки СП-50. В качестве инструмента исследования принята отечественная инновационная методика автоматизированного проектирования WinMachine, версия Structure 3D, позволяющая решать задачи в широком диапазоне вопросов. Была поставлена задача прогнозирования параметров сечения стандартного профиля для новых конструкций башни. Для уточнения и подтверждения данных, полученных с помощью компьютерного моделирования, для определения оптимальных параметров уголка был проведен полнофакторный эксперимент. С использованием средств, предоставленных математическим пакетом MATLAB, был получен аппроксимирующий многочлен для коэффициента устойчивости. Применение инновационной расчетной программы при проведении многовариантного проектирования опорной конструкции нории обеспечило оптимальное сочетание технических параметров проектируемого изделия, а также получение уравнения регрессии для коэффициента устойчивости по геометрическим параметрам стандартного профиля материала. Имеется реальная возможность производить расчеты по ряду параметров оптимизации конструкции: материалоемкость, напряжения и т.д. Точность результатов обеспечивается тем, что в основу методики расчета в названной программе положен метод конечных элементов. Расчеты конструкции башни как упругой системы производятся на прочность и устойчивость. Оставляя коэффициенты запаса прочности и устойчивости на достаточно высоком уровне, авторы сумели уменьшить металлоемкость башни для нории высотой 22 м и производительностью 50 т/ч на 2,5 т.

Башня, нория, прочность, устойчивость, металлоконструкция, уголок, сечение.

Введение. В пределах срока службы одного поколения техники часто приходится решать задачи ее совершенствования и повышения уровня надежности. Ускорение темпов жизни, требования экономики диктуют необходимость повышения производительности оборудования одновременно в категории массы и времени. Для выпускаемого оборудования такая ситуация обеспечивается постоянным увеличением скоростей и нагрузок в опорных конструкциях и узлах трения, что приводит к возрастанию размеров, массы, мо-

ментов инерции, увеличению вибрации машины и, как следствие, – к ужесточению напряженного состояния узлов деталей.

Материалы и методы исследования. Несколько лет назад возникла необходимость проведения нами проверочного расчета работающей конструкции. В исследованиях использовали отечественный пакет программ АРМ WinMachine, предназначенный для решения широкого спектра машиностроительных задач [1]. Простота расчетов дает возможность выполнять многовариантное

проектирование, оптимизировать конструкцию и предлагать новые, нетрадиционные решения. Один из модулей этого пакета, АРМ Structure 3D, представляет собой универсальную программу для расчета и проектирования объемных стержневых, твердотельных и смешанных конструкций [2]. С помощью этой программы был сделан проверочный расчет норийной башни зерносушилки СП-50. Изменяя параметры модели, мы добивались наилучших конструктивных решений [1, 3].

Для проведения расчета была создана пространственная модель металлоконструкции. Элементы конструкции имеют поперечное сечение стержней в виде уголка разных размеров по ГОСТ 8239-89, материал – сталь СтЗкп; соединение элементов конструкции друг с другом – жесткое. Высота башни в первом расчете составляла 22 м. Башня установлена на четырех опорах, расположенных по углам нижнего основания. Нагрузка была представлена равномерно распределенной: по верхней площадке нории – 25 кН, боковой площадке – 5 кН, снеговая и ветровая – 0,5 кН, приложена к узлам башни и боковой площадке. Программа производит расчет методом конечных элементов. В этом случае форма деталей моделируется достаточно точно. Модель башни и схема нагружения представле-

ны на рисунке 1 а. Общим направлением при проведении расчетов было сохранение достаточного запаса прочности и устойчивости при уменьшении металлоемкости. Позже мы провели специальные исследования факторов, определяющих металлоемкость башни [4].

Результаты исследований. Наиболее опасными зонами концентрации напряжений являются стойки нижней секции, хотя и в этих зонах напряжение не больше допустимого ($64 < 160$ МПа). Максимальные напряжения в поперечных сечениях опорных стоек составляют 50...64 МПа. Частота собственных колебаний металлоконструкции башни сушилки СП-50 находится в пределах 0...22 Гц при частоте вращения выгрузного барабана транспортера нории – до 3,5 Гц.

Форма потери устойчивости определена наибольшими отклонениями, которые дают диагональные раскосы на боковых поверхностях в нижней части конструкции башни (рис. 1 б). Металлоконструкция башни выполнена с запасом прочности по допускаемым напряжениям в 2,2 раза, по коэффициенту запаса устойчивости – более 5, что позволяет сделать вывод о возможности уменьшения профиля металлопроката. Таким путем можно достигнуть экономии металла до 2,5 т в сравнении с исходной конструкцией.

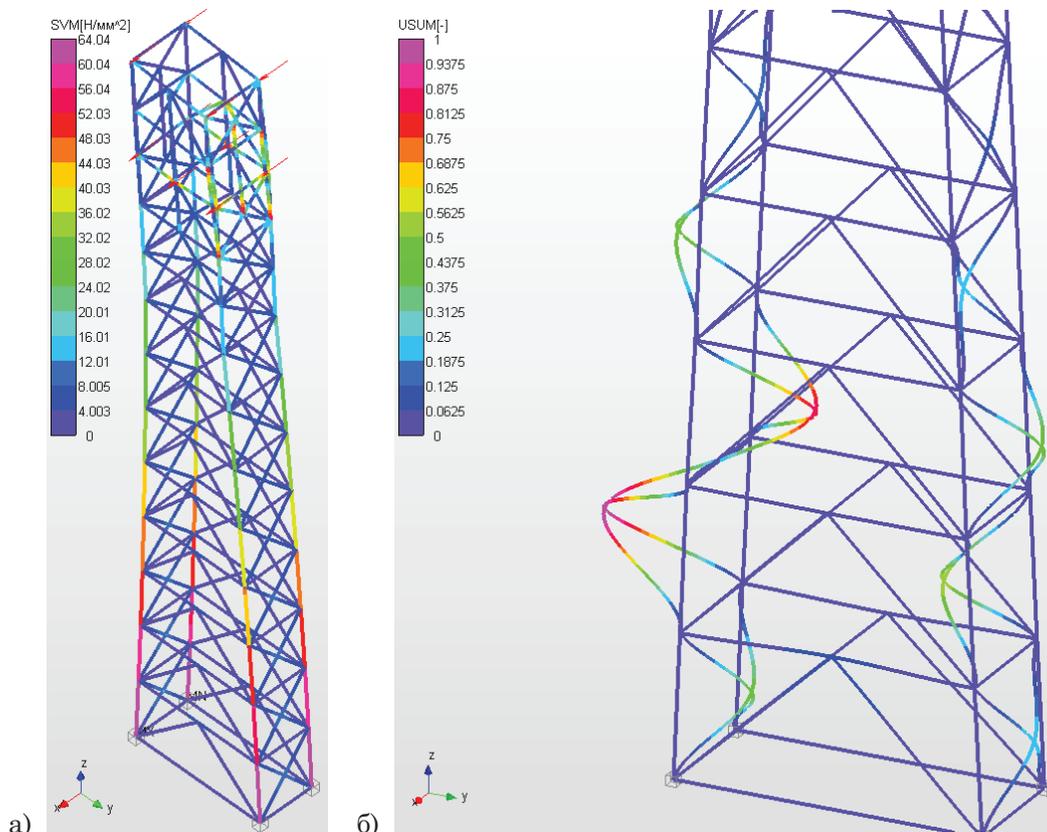


Рис. 1. Модель башни и схема нагружения: а) схема нагружения и напряжение в элементах башни; б) карта потери устойчивости башни

При сравнительном расчете металлоконструкции башни высотой 27,5 и 31,5 м было установлено, что с увеличением высоты максимальное напряжение увеличивается на 50% (39 МПа и 64 МПа), коэффициент устойчивости снижается примерно в той же пропорции (15,8 и 12,1), увеличение массы башни составляет около 15%.

Применение одинакового профиля уголка, допустим, 75 мм, но разной толщины (75 × 5 и 75 × 9) приводит к значительному увеличению массы башни, более 70% (3,7 т и 6,5 т). При изготовлении башни из уголка 100 × 10 мм, по сравнению с серийно выпускаемой (уголок 125 × 10 мм), масса башни уменьшается на 20%, а напряжение в стойках составляет 22 МПа (допускаемое – 160 МПа), коэффициент устойчивости – 80,4, что указывает на большой запас прочности и неэффективное применение такой номенклатуры материала [3-5]. Далее получены результаты вычислений эксплуатационных параметров металлоконструкции башни нории (масса, коэффициент устойчивости) в зависимости от геометрических характеристик используемого металлопроката.

Предполагается, что используется равнополочный уголок ГОСТ 8509-93. Варьируются его размеры: ширина полки и толщина. Конструкция башни при этом не изменяется.

В результате численного эксперимента получены значения массы и коэффициента устойчивости для различных параметров уголка (табл.).

Для определения оптимальных параметров уголка был произведен полнофакторный эксперимент [6]. Варьируемые параметры: d – толщина уголка, h – ширина полки.

С использованием средств, предоставляемых математическим пакетом MATLAB, был получен аппроксимирующий многочлен для коэффициента устойчивости k :

$$k = 3,17 - 0,0571dh + 0,0011dh^2,$$

где размеры уголка d и h выражены в миллиметрах.

Используя эту формулу, можно предсказать значение коэффициента устойчивости в зависимости от параметров уголка. Достоверность результата – не ниже 96%.

Таблица

Результаты расчетов при разных размерах уголков

№ п/п	Уголок, мм	Напряжение стоек, МПа	Напряжение раскосов, МПа	Масса, т	Устойчивость
1	63×5	92	16	3,1	7,2
2	63×6	82	13	3,7	8,5
3	75×5	81,6	14	3,75	12,4
4	75×6	69	12	4,4	14,6
5	75×9	47	8	6,5	20,9
6	80×5,5	71	14	4,4	16,5
7	80×6	65	11	4,7	17,9
8	80×8	49	10	6,2	23,1
9	90×6	58	12,5	5,4	25,8
10	90×8	45	10	7	33,2
11	90×9	39	8	7,9	37
12	100×6,5	48	11	6,5	38,4
13	100×8	40	8	7,9	46,1
14	100×10	32	7	9,75	56,3

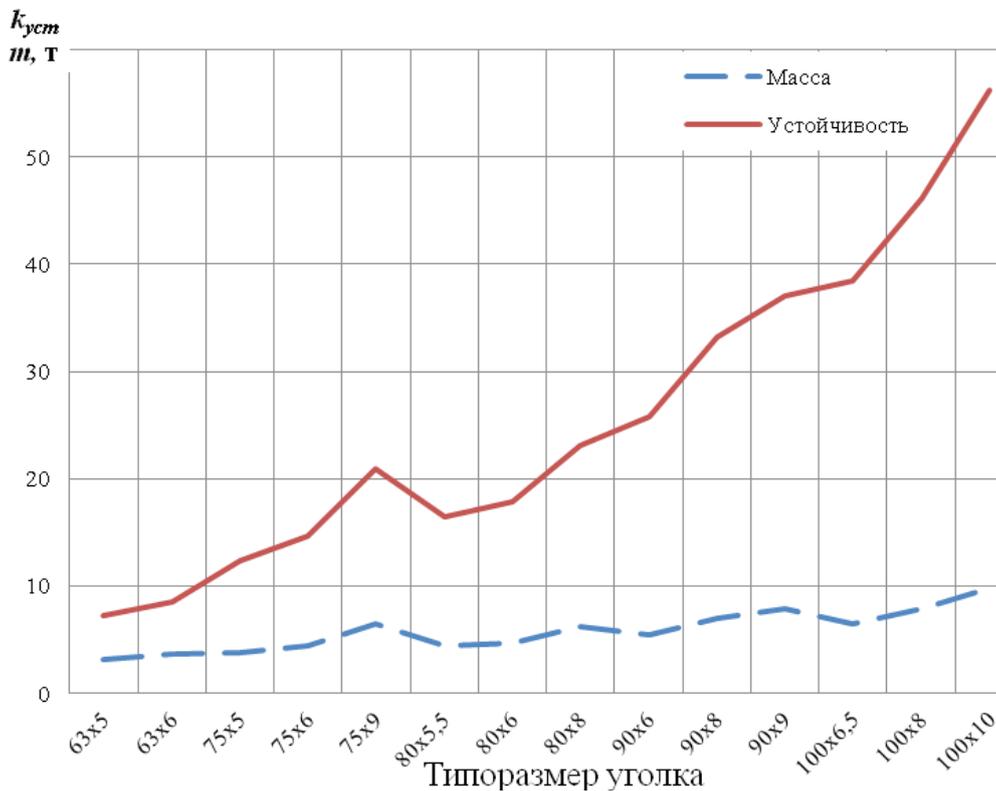


Рис. 2. Параметры массы и устойчивости башни при использовании разных уголков

Выводы

В результате проведения разных вариантов расчетов удалось подобрать сечения стержней и раскосов сопряженных секций так, что было достигнуто оптимальное соотношение между профилем элементов (определяемое в данном случае d и h) металлоконструкции башни, близкой к форме тела равного сопротивления изгибу (с учетом применения уголков уменьшающихся размеров по мере перехода в верхние пояса конструкции).

Подводя итог, можно сказать, что примененный подход к проектированию позволяет существенно сократить время конструкторских действий при разработке аналогичных объектов ввиду открывшейся возможности прогнозировать параметры металлоконструкции. Упрощается процедура выбора материала при разработке новой конструкции [7]. Применение инновационной расчетной программы при проведении многовариантного проектирования опорной конструкции норрии обеспечило оптимальное сочетание технических параметров проектируемого изделия и получения уравнения регрессии для коэффициента устойчивости по геометрическим параметрам стандартного профиля проката.

Библиографический список

1. Варывдин В.В., Романеев Н.А., Безик Д.А. Использование компьютерных программ в процессе проектирования техники для сельского хозяйства // Сборник научных материалов XXVIII Международной науч.-практ. конференции «Конструирование, использование и надежность машин с.-х. назначения». – Брянск: Брянская ГСХА, 2011. – С. 46-50.
2. Романеев Н.А. Расчет металлоконструкций в АРМ WinStructure 3D. – Брянск: Брянская ГСХА, 2011. – 31 с.
3. Варывдин В.В., Романеев Н.А., Безик Д.А., Васильченко М.М. Автоматизированное проектирование машин в процессе совершенствования техники для сельского хозяйства // Сборник научных работ XXVIII Международной науч.-практ. конференции «Конструирование, использование и надежность машин с.-х. назначения». – Брянск: Брянская ГСХА, 2015. – С. 110-116.
4. Варывдин В.В., Романеев Н.А., Безик Д.А., Васильченко М.М. К определению параметров сечения стандартного профиля в опорной конструкции норрии расчетным путем // Вестник БГСХА: Научный журнал. XXVIII Брянск: Изд-во Брянской ГСХА. – № 5/2013. – С. 30-36(35).

5. Варывдин В.В., Романеев Н.А., Безик Д.А., Васильченко М.М., Юдина Е.М. О методике оптимизации металлоконструкции башни сушилки // Труды Кубанского ГАУ: Научный журнал. – 2015. – № 5(56). – С. 233-238.

6. Дьяконов В.П., Абраменкова И.В. MATLAB6.0/6.1: Специальный справочник. – СПб.: «Питер», 2002. – 608 с.

7. Варывдин В.В., Романеев Н.А., Безик Д.А. Сообщение новых качеств средствам механизации для работы в сельском хозяйстве // Сб. работ межвузовской науч.-практ. конф. «Конструирование, использование и надежность машин с.-х. назначения. – Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2016. – С. 213-219.

Материал поступил в редакцию 09.06.2016 г.

Сведения об авторах

Романеев Николай Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры механики и основ конструирования Брянского ГАУ; 243365, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская, 2а; e-mail: romaneev_nikolai@mail.ru.; тел.: 8-920-605-03-14.

Варывдин Владимир Васильевич, кандидат технических наук, профессор кафедры механики и основ конструирования Брянского ГАУ; 243365, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская, 2а; тел.: 8-960-553-81-60.

Безик Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник кафедры электроники и автоматики Брянского ГАУ; 243365, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская, 2а; e-mail: bda20101@yandex.ru; тел.: 8-953-271-27-26.

N.A. ROMANEEV, V.V. VARYVDIN, D.A. BEZIK

The Federal state budget educational institution of higher education «Bryansk state agrarian university», Bryansk, Russia

STRESS CALCULATION OF THE NORIA SUPPORT BY THE METHOD OF MACHINES AUTOMATED DESIGN

Conditions of machines operation, particularly agricultural, create certain requirements to the design of blocks and separate elements, their arrangement, the amount of funds involved in the development and launch into production. By means of the computer system allowing using parameters of the model with the purpose to achieve the best constructive ratio there was performed a checking calculation of the noria tower of the drier SP-50. As a controlling instrument there was adopted the domestic innovation methodic of automated designing WinMachine, version Structure 3D allowing solving problems in a wide range of questions. There was given a task of forecasting parameters of standard profile section for new tower designs. For a more accurate specification and approval of the data obtained by means of simulation, for determination of optimal sizes of the angle there was carried out a full-factor experiment. Using the means supplied by the mathematical package MATLAB there was obtained an approximating polynomial for the stability coefficient. Usage of the innovation calculating program when carrying out a multi-variant design of the support noria structure provided the optimal combination of technical parameters of the designed product as well as obtaining of the equation of regression for the coefficient of stability according to geometric indices of the standard profile of the material. There is a real possibility to fulfill calculations according to a number of parameters of the structure: material consumption, tension etc. The accuracy of results is ensured by the method of finite elements which is the basis of the methodology of calculation of the mentioned program. Calculations of the tower structure as an elastic system are made on strength and stability. Leaving load factor and stability coefficient on a quite high level the authors succeeded to decrease metal quantity of the tower for noria of height 22 m and capacity 50 t/h by 2.5 t.

Tower, noria, strength, stability, metal structure, angle, cross-section.

Reference

1. Varyvdin V.V., Romaneev N.A., Bezic D.A. Ispoljzovanie compjuterных program v protsesse proektirovaniya tehniky dlya seljskogo hozyaistva // Sbornik nauchnyh materialov XXVIII Mezhdunarodnoj nauch. – pract.

conferentsii «Construirovanie, ispoljzovanie i nadezhnostj mashin s. – h. naznacheniya». – Bryansk: Bryanskaya FSHA, 2011. – S. 46-50.

2. Romaneev N.A. Raschet metalloconstructsij v APM WinStructure 3D. – Bryansk Брянск: Bryanskaya GFSHA, 2011. – 31 s.

3. **Varyvdin V.V., Romaneev N.A., Bezic D.A., Vasylichenko M.M.** Avtomatizirovanoe proectirovanie mashin v protsesse sovershenstvovaniya tehniki dlya seljskogo hozyajstva // Sbornik nauchnyh rabot XXVIII Mezhdunarodnoj nauch.-pract. konferentsii «Construivovanie, ispoljzovanie i nadezhnostj mashin s.-h. naznacheniya». – Bryansk: Bryanskaya GSHA, 2015. – S. 110-116.

4. **Varyvdin V.V., Romaneev N.A., Bezic D.A., Vasylichenko M.M.** K opredeleniyu parametrov secheniya standartnogo profilya v opornoj constructsii norii raschetnym putem // Vestnik BGSHA: Nauchny zhurnal. XXVIII Bryansk: Izd-vo Bryanskoj GSHA. – № 5/2013. – S. 30-36(35).

5. **Varyvdin V.V., Romaneev N.A., Bezic D.A., Vasylichenko M.M., Yudina E.M.** O metodike optimizatsii metalloconstructsii bashni sushilki // Trudy Kubanskogo GAU: Nauchny zhurnal. – 2015. – № 5(56). – S. 233-238.

6. **Djaconov V.P., Abramenkova I.V.** MATLAB6.0/6.1: Spetsialjny spravochnik. – SPb.: «Peter», 2002. – 608 s.

7. **Varyvdin V.V., Romaneev N.A., Bezic D.A.** Soobshchenie novyh kachestv sredstvam mehanizatsii dlya raboty v seljskom hozyajstve // Sb. Rabot mezhvuzovskoj nauch.-pract.

conf. «Construivovanie, ispoljzovanie i nadezhnostj mashin s.-h. naznacheniya». – Bryansk: Izd-vo Bryanskogo GAU, 2016. – S. 213-219.

The material was received at the editorial office
09.06.2016

Information about the authors

Romaneev Nikolai Alexandrovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of mechanics and bases of designing of the Bryansk SAU; 243365, Bryanskaya area, Vygonichsky region, s. Kokino, ul. Sovetskaya, 2a; e-mail: romaneev_nikolai@mail.ru.; tel.: 8-920-605-03-14.

Varyvdin Vladimir Vasiljevich, candidate of technical sciences, professor of the chair of mechanics and bases of designing of the Bryansk SAU; 243365, Bryanskaya area, Vygonichsky region, s. Kokino, ul. Sovetskaya, 2a; tel.: 8-960-553-81-60.

Bezic Dmitry Alexandrovich, candidate of technical sciences, senior researcher of the chair of electronics and automatics of the Bryansk SAU; 243365, Bryanskaya area, Vygonichsky region, s. Kokino, ul. Sovetskaya, 2a; bda20101@yandex.ru; tel.: 8-953-271-27-26.

УДК 502/504:629.113-592.6

Г.С. ЕРИЦЯН, М.С. ТОРОСЯН

Национальный политехнический университет Армении, г. Ереван, Армения

О РАСХОДЕ ТОПЛИВА АВТОМОБИЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАКТОРОВ ГОРНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Рассмотрены вопросы формирования расхода топлива автомобилей под влиянием факторов горных условий эксплуатации, где работа транспортного средства обусловлена особенностями как дорожных и климатических, так и транспортных и организационных условий. В таких условиях к эффективности использования автомобильного транспорта необходимы высокие требования. Это обусловлено и тем, что транспортные издержки включаются в стоимость годовой продукции. Снижение этих издержек за счет уменьшения себестоимости транспортных услуг оказывает влияние на экономические показатели различных организации. Одним из путей повышения эксплуатационной эффективности автомобильного транспорта является снижение расхода топлива. Экспериментальными исследованиями установлена зависимость расхода топлива от уклона продольного профиля дороги, а также от высоты местности над уровнем моря, т.е. от давления атмосферного воздуха. Получены математические выражения для определения расхода топлива в зависимости от указанных факторов.

Уклон продольного профиля дороги, давление атмосферного воздуха, расход топлива, горные условия эксплуатации, фактор.

Введение. Эксплуатация автотранспортных средств, имеющих двигатели внутреннего сгорания, в горных условиях во многом сложнее, чем на равнинной местности: горные дороги состоят преимущественно из подъемов и спусков и характеризуются высотой расположения, а также извилистостью. В таких условиях, с учетом современных рыночных отношений, можно констатировать, что к эффективности использования автомобильного транспорта следует предъявлять более высокие требования. Это обусловлено тем, что транспортные издержки включаются в стоимость годовой продукции. Снижение этих издержек за счет уменьшения себестоимости транспортных услуг оказывает непосредственное влияние на экономические показатели различных организаций. Одним из путей повышения эксплуатационной эффективности автомобильного транспорта является снижение расхода топлива.

Таким образом, исследование, направленное на установление закономерностей влияния горных условий, а именно уклона продольного профиля и высоты местности, на расход топлива, является актуальной задачей.

Постановка задачи. Анализ ранее проведенных исследований показал, что для учета совместного влияния различных по природе факторов условий, в которых

эксплуатируется автомобиль, необходимо, чтобы эти факторы имели одинаковую размерность. С этой целью была разработана 12-балльная шкала суровости [1-3]. При этом индекс суровости принимает значения от $h_{\min} = 0 \cdot R$ до $h_{\max} = 12 \cdot R$. Значение индекса $h_i = 0 \cdot R$ соответствует минимальной суровости рассматриваемого фактора, а значение индекса $h_i = 12 \cdot R$ – максимальной суровости. Например, чтобы привести значения показателя фактического приращения коэффициента сопротивления качению Δf_k безразмерным баллам суровости, предложено выражение [1]:

$$h_f = \frac{12 \cdot (\Delta f - \Delta f_{\min})}{\Delta f_{\max} - \Delta f_{\min}}. \quad (1)$$

На следующем этапе [1] разработан показатель приспособленности автомобилей к изменению факторов условий эксплуатации. Показатель приспособленности автомобиля участвует в формировании только дополнительного расхода топлива.

Таким образом, в ранее выполненных исследованиях использован пространственно-временной подход, учитывающий отклонение условий эксплуатации от стандартных значений и уровень приспособленности автомобилей к ним. При этом не разработан такой показатель суровости, с помощью которого можно было бы объективно оценить степень отличия фактических условий эксплуатации от стандартных.

В указанных исследованиях малоизученными остались вопросы выявления закономерностей влияния уклона продольного профиля дороги, а также высоты местности над уровнем моря на фактический расход топлива.

Следовательно, представляет интерес установление характера влияния уклона продольного профиля и давления атмосферного воздуха на фактический расход, если миновать пространственно-временной подход, так как экспериментальное определение показателей приспособленности автомобиля указанным методом требует больших затрат.

Методика исследования. При выполнении транспортных работ расход топлива автомобиля в горных условиях формируется из следующих основных составляемых (рис. 1): Q_H – номинальный расход топлива, который обусловлен конструктивными особенностями автомобиля и стан-

дартными условиями эксплуатации; $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5, Q_6$ и Q_7 – дополнительные расходы топлива, обусловленные соответственно изменением состояния дорожного покрытия (Q_1), изменением общей массы автомобиля за счет увеличения фактической массы перевозимого груза, находящегося в кузове, т.е. увеличения степени загрузки транспортного средства (Q_2), приспособленностью автомобиля к изменению дорожного покрытия (Q_3) и степени загрузки автомобиля (Q_4), изменением уклона продольного профиля дороги (Q_5), изменением высоты местности над уровнем моря, а следовательно, температуры и давления атмосферного воздуха (Q_6), профессиональностью водителя и его психофизическими свойствами (Q_7).

При движении автомобиля на уклоне, расположенном в высотных условиях, вместо изображения на рисунке 1 можно составить схему, представленную на рисунке 2.



Рис. 1. Механизм формирования расхода топлива автомобилей в горных условиях эксплуатации

Результаты исследования. Для решения поставленной задачи можно использовать уравнение определения общей суммарной сопротивляющей силы:

$$P = P_w + P_j + G_e [(f \pm i) \pm \Delta f], \quad (2)$$

где P_w – сила сопротивления воздушной среды, Н; P_j – сила сопротивления инерции, Н; G_e – вес автомобиля в данной нагрузке, Н; f – коэффициент сопротивле-

ния качению шин в стандартных условиях; i – уклон продольного профиля дороги, %; Δf – изменение коэффициента сопротивления качению шин в результате изменения внутреннего давления, обусловленного изменением давления атмосферного воздуха.

Известно, что внутреннее давление шин автомобилей, работающих в горных условиях, зависит от конструктивных параметров шины, температуры и давления атмосферного воздуха.



Рис. 2. Схема формирования расхода топлива в зависимости от давления атмосферного воздуха и уклона продольного профиля дороги

В зависимости от указанных параметров изменение внутреннего давления может быть как положительным, что общепринято, так и отрицательным [4]. Что касается сил P_w и P_j , то можно отметить следующее.

- Силу сопротивления воздушной среды можно игнорировать, учитывая, что она имеет большие значения при скоростях выше 26 м/с. Следовательно, если скорость автомобиля $V \leq 26$ км/ч, то на данном уклоне можно принять $f = \text{const}$ [4], и, кроме этого, её нужно учитывать лишь в отдельных случаях, если груз выходит за пределы габаритов автомобиля [1].

- Ввиду того, что общая масса автомобиля во время данной езды не изменяется, она не влияет на силу P_j , т.е. $P_j = 0$. В этом случае имеем

$$P = G_a (f \pm i). \quad (3)$$

С учетом вышесказанного были проведены испытания на участках дорог с различными уклонами. Данные этих испытаний приведены в таблице. Испытания проводились на участках длиной 400 м.

Таблица
Влияние продольного уклона дороги на расход топлива автомобиля КамАЗ-52212 при $V = 25$ км/ч, л/0,4 км

Номер опыта	Уклон продольного профиля, I%							
	0	2	3	6	8	10	12	22
1	0,09	0,1	0,12	0,15	0,18	0,2	0,21	0,27
2	0,09	0,11	0,12	0,15	0,19	0,2	0,2	0,29
3	0,1	0,11	0,12	0,15	0,18	0,21	0,21	0,29
4	0,1	0,1	0,12	0,14	0,19	0,22	0,22	0,28
5	0,1	0,11	0,12	0,14	0,19	0,22	0,23	0,28
Среднее значение	0,096	0,106	0,12	0,146	0,186	0,21	0,214	0,282

В результате обработки табличных данных получено выражение расхода топлива, л/100 км:

$$Q_s = 2,246i + 24,815.$$

Выводы

1. Раскрыт механизм формирования расхода топлива под влиянием дорожно-климатических, транспортных и органи-

зационных факторов для автомобилей, работающих в горных условиях.

2. Установлены закономерности изменения расхода топлива автомобилей в зависимости от уклона продольного профиля дороги и давления атмосферного воздуха.

Библиографический список

1. Чайников Д.А. Приспособленность автомобилей к массе перевозимого груза по рас-

ходу топлива: Дис. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук. Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. – 137 с.

2. **Нургалеев А.В.** Приспособленность автомобилей к дорожным условиям эксплуатации по расходу топлива: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. Тюмень, 2011. – 22 с.

3. **Гаваев А.С.** Приспособленность газобаллонных автомобилей к низкотемпературным условиям эксплуатации по токсичности отработавших газов и расходу топлива: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. Тюмень, 2007. – 21 с.

4. **Ерицян Г.С.** Защита атмосферного воздуха от загрязнения выбросов автомобилей в горных регионах: Дис. на соиск. уч. степ. д-ра. тех. наук. Ереван, 2012. – 219 с.

G.S. YERITSYAN, M.S. TOROSYAN

National Engineering University of Armenia (Polytechnic)

ABOUT CONSUMPTION OF FUEL DEPENDING ON THE FACTORS OF MOUNTAIN CONDITIONS OF OPERATION

There are considered problems of fuel consumption of automobiles under the influence of factors of mountain conditions of operation where the work of traffic means depends on specific features of road and climatic as well as transportation and organizational conditions. Under such conditions there are necessary high requirements to the efficiency of usage of automobile transport. It also depends on transport costs which are included in the price of annual produce. Reduction of these costs due to the decrease of transport services cost influences the economic indicators of various organizations. One of the ways of increasing operational efficiency of the automobile transport is a decrease of fuel consumption. Experimental investigations showed the dependence of fuel consumption from the inclination of the longitudinal road profile as well as height of the area above the sea level that is from the atmospheric air pressure. There are obtained mathematical expressions for determination of fuel consumption depending on the mentioned factors.

Inclination of the longitudinal road profile, atmospheric air pressure, consumption of fuel, mountain conditions of operation, factor.

Reference

1. **Chainikov D.A.** Prispособlennostj avtomobilej k masse perevozmogo gruzha po rashodu topliva: Dis. na soisk. uch. step. cand. teh. nauk. Tyumen: TyumGNGU, 2010. – 137 s.

2. **Nurgaleev A.V.** Prispособlennostj avtomobilej k dorozhnyim usloviyam expluatatsii po rashodu topliva: Avtoref. Dis. na soisk. uch. step. cand. teh. nauk. Tyumen. 2011. – 22 s.

3. **Gavaev A.S.** Prispособlennostj gozoballonyh avtomobilej k nizkotemperaturnym usloviyam expluatatsii po toxichnosti otrabotavshih gazov I rashodu tipliva: Avtoref. Dis. na soisk. uch. step. cand. teh. nauk. Tyumen. 2007. – 21 s.

4. **Eritsyany G.S.** Zashchita atmosfernogo vozduha ot zagryazneniya vybrosov avtomobilej v gornyh regionah: Dis. na soisk. uch. step. d-ra teh. nauk. Yerevan, 2012. – 219 s.

Материал поступил в редакцию 24.06.2016 г.

Сведения об авторах

Гагик Суренович Ерицян, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экономика и организация перевозок», Национальный политехнический университет Армении; 009, Республика Армения, г. Ереван, ул. Терьяна, д. 105; e-mail: gagikyeryitsyan@gmail.com, тел.: +374-94-008640.

Марине Сосовна Торосян, преподаватель кафедры «Экономика и организация перевозок», Национальный политехнический университет Армении; 009, Республика Армения, г. Ереван, ул. Терьяна, д. 105; e-mail: martorosyan@mail.ru, тел.: +374-95-907523.

Material was received at the editorial office
24.06.2016

Information about the authors

Yeritsyan G.S., doctor of technical science, professor, head of the chair «Economics and organization of freight traffic», National Engineering University of Armenia (Polytechnic); Yerevan, ul. Terjana, d. 105; e-mail: gagikyeryitsyan@gmail.com, tel.: +374-94-008640.

Marine Sosovna Torosyan, lecturer of the chair «Economics and organization of freight traffic», National Engineering University of Armenia (Polytechnic); Yerevan, ul. Terjana, d. 105; e-mail: martorosyan@mail.ru, тел.: +374-95-907523.

УДК 502/504:630*22(470.57)

А.Ш. ТИМЕРЬЯНОВ, З.З. РАХМАТУЛЛИН

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

ЗАЩИТНЫЕ ЛЕСНЫЕ ПОЛОСЫ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

В Республике Башкортостан имеется 228 тыс. га земель, пригодных для орошения, и 60 тыс. га земель для осушения. В период земельной реформы внимание к мелиорации земель во многих районах резко ослабло. За последние 30 лет площади орошаемых земель сократились с 152,3 тыс. га до 35,43 тыс. га. Среди методов, позволяющих повысить отдачу орошаемых земель, немаловажную роль играют защитные лесные полосы – агролесомелиоративные насаждения. Целью исследований явилось изучение многостороннего влияния агролесомелиоративных насаждений на сельскохозяйственные культуры, в том числе в условиях орошения. Определена зависимость снегораспределения и урожайности сельскохозяйственных культур на полях от конструкций лесных полос. Мелиоративное и природоохранное значение защитных лесных полос проявляется в защите почвы от эрозии и сельскохозяйственных культур от неблагоприятных природных факторов, в улучшении гидрологического режима орошаемой территории и сокращении потерь влаги на испарение, защите каналов от заносов их снегом и продуктами дефляции, в улучшении эксплуатации поливной техники и гидротехнических сооружений. При проектировании систем орошения необходимо учитывать влияние защитных лесных насаждений. При создании и размещении недостающих полевых защитных лесных полос на орошаемых землях целесообразно уменьшать размеры клеток, образуемых лесополосами, поскольку эффект снижения испаряемости резко уменьшается при больших межполосных расстояниях. Претворение в жизнь мероприятий целевых программ развития мелиораций на федеральном и региональном уровнях позволит повысить эффективность использования орошаемых земель и защитных лесных полос, сохранить плодородие и продуктивность сельскохозяйственных угодий.

Защитные лесные полосы, орошение земель, мелиорация.

Введение. Защитные лесные насаждения, создаваемые на орошаемых землях и вдоль оросительных каналов, имеют неопценимое мелиоративное и природоохранное значение. Оно проявляется в защите почвы от эрозии и сельскохозяйственных культур от неблагоприятных природных факторов, в улучшении гидрологического режима орошаемой территории и сокращении потерь влаги на испарение, защите каналов от заносов их снегом и продуктами дефляции, в улучшении эксплуатации поливной техники и гидротехнических сооружений [1, 2].

Материалы и методы исследования. По Республике Башкортостан (РБ) на 1 января 2016 г. площадь земель сельскохозяйственного назначения составила

7320,2 тыс. га – более половины территории региона. При этом республика относится к регионам с неблагоприятными условиями для ведения сельского хозяйства. Общая площадь земель, подверженных в той или иной степени эрозии, составляет 2,3 млн га, а площадь эрозионно опасных земель – 1,3 млн га.

Многие сельскохозяйственные культуры часто страдают из-за засухи, недостатка почвенной влаги. Причиной этого является достаточно высокая вероятность засушливых лет. Две географические особенности Башкортостана способствуют формированию засухи: это его положение в глубине материка на большом удалении от океанов, обуславливающее континентальный климатический режим, и равнинный рельеф, отсутствие

барьера гор, препятствующих распространению сухих воздушных масс на севере и юге. В результате при меридиональном переносе воздушных масс в антициклонах как с севера на юг, так и с юга на север возникают условия, благоприятные для возникновения засухи. Поэтому с начала 70-х гг. прошлого столетия в республике получила широкое развитие мелиорация земель. Здесь имеется 228 тыс. га земель, пригодных для орошения, и 60 тыс. га – для осушения. Максимальная площадь орошения была достигнута в 1987 г. и составила 157,1 тыс. га. К 1991 г. насчитывалось 152,3 тыс. га орошаемых и 34 тыс. га осушенных земель, культуртехнические работы на сельхозугодьях ежегодно проводились на площади 35-40 тыс. га, было построено около 300 прудов общей вместимостью 143 млн м³ воды, для питьевых и хозяйственных целей пробурено 6550 скважин. С мелиорируемых земель, площадь которых составляла 2,4% от площади всех сельхозугодий, ежегодно получали до 20% кормов и 70% овощей. В структуре посевных площадей на орошаемых землях преобладали многолетние травы, их доля доходила до 59% от всей площади. Структура площадей остальных орошаемых культур составляет: зерновых – 23,9%, овощей – 4%, картофеля – 3,7%, сахарной свеклы – 1,4%, других кормовых – 5,6%, плодово-ягодных насаждений – 2,8%. Средняя урожайность сельскохозяйственных культур на этих землях составляла соответственно: многолетние травы – 203 ц/га зеленой массы, зерновые – 34 ц/га, овощи – 366 ц/га, картофель – 258 ц/га, сахарная свекла – 380 ц/га, других кормовых культур – 48 ц к.ед/га [1].

В период земельной реформы внимание мелиорации земель во многих районах РБ резко ослабло. За последние 30 лет площади орошаемых земель сократились с 152,3 тыс. га до 35,43 тыс. га. В категорию неорошаемых было переведено около 117 тыс. га земель – в основном из-за полного износа и разукомплектования насосно-силового и дождевального оборудования, трубопроводов, ЛЭП. Списание орошаемых земель значительно превысило площадь дополнительно вводимого орошения. Все орошаемые земли – без осушительной коллекторно-дренажной сети. В настоящее время по республике в целом орошаемые земли составляют 0,46% от общей площади сельскохозяйственных угодий: пашня занимает 84,4%, кормовые угодья – 13,6%, многолетние насаждения – 2% площади орошаемых земель. В этой свя-

зи особую актуальность приобретают способы и приемы, увеличивающие эффективность использования орошаемых земель. Среди методов, позволяющих повысить отдачу орошаемых земель, немаловажную роль играют защитные лесные полосы – агролесомелиоративные насаждения.

Целью исследований явилось изучение многостороннего влияния агролесомелиоративных насаждений на сельскохозяйственные культуры, в том числе в условиях орошения. Для этого были заложены опытные делянки на полях со следующими типами почв: выщелоченные и типичные черноземы, темно-серые и серые лесные почвы – в различных сельскохозяйственных зонах РБ. Изучалось влияние лесных полос различной конструкции на микроклимат, почвенные показатели и урожайность сельскохозяйственных культур. Определялась зависимость снегораспределения, температурного и водного режимов воздуха и почвы на полях от конструкций лесополос. Полосы продуваемой конструкции были представлены березой повислой, тополем бальзамическим, лиственницей сибирской; полосы ажурной конструкции – сосной обыкновенной вместе с акацией желтой, вязом обыкновенным, березой повислой вместе с липой мелколистной. Ширина 3-5-рядных полос составляла 10-15 м, защитная высота – 15-21 м, возраст лесополос – 30-65 лет.

Результаты исследований. Проведенные нами исследования показали, что на полях, защищенных лесными полосами, происходит ослабление скорости ветра, повышение относительной влажности воздуха, уменьшение испарения с поверхности почвы и растений.

Лесные полосы оказывали положительное влияние на влажность воздуха на расстоянии 10-15Н с заветренной стороны (Н – высота лесной полосы). Увеличение относительной влажности происходит в результате повышения абсолютной влажности и снижения температуры воздуха. Лесные полосы повышают относительную и абсолютную влажность воздуха, особенно во время суховея. Ночью на участке, защищенном лесополосами, наблюдается более обильное выпадение росы, чем на открытых участках, а насыщенность воздуха водяными парами обеспечивает лучшие условия для роста растений. Установлено, что чем сильнее лесные полосы снижают скорость ветра, турбулентный обмен и температуру воздуха, тем боль-

ше снижается испарение. Влияние лесных полос на испарение прямо пропорционально скорости ветра. При этом большое значение имеет погода: во влажную погоду уменьшение испарения достигает 10%, а при суховее – 25%. Уменьшая испарение, лесные полосы увеличивают показатель увлажненности климата, т.е. отношение количества осадков к испарению. Под влиянием лесных полос продуктивность транспирации увеличивается, а коэффициент транспирации уменьшается. Положительное влияние лесных полос на транспирацию растений определяется скоростью ветра и турбулентным обменом.

Лесные полосы оказывали положительное влияние на снегораспределение, так как большая часть снега оставалась в границах полей севооборота и в лесных полосах. Эффективность лесных полос в зимний период зависела от ряда причин, но в первую очередь – от степени и характера их ветропроницаемости. При сильной ветропроницаемости полосы задерживали меньшее количество снега, но ровнее откладывали его на полях, при слабой ветропроницаемости – большее, собирая сугробы около опушек в случае ажурных лесополос.

Лучшими по распределению снежного покрова на межполосных полях оказались полезащитные лесополосы продуваемой конструкции. Высота снежного покрова на защищенных лесополосами полях изменялась от 35 до 120 см при средних значениях 65-80 см. Коэффициент выровненности снежного покрова (отношение минимальной высоты к максимальной) на полях под защитой полос составлял 0,6-0,7, а в открытом поле – 0,4-0,5, что указывает на более равномерное распределение снега на защищенных полях. За счет задержания и распределения снега влагозапасы поверхностных слоев почвы на полях увеличивались на 40-100 мм, причем наибольшие пока-

затели отмечены на расстоянии 300-400 м от лесополос. По мере удаления от лесных полос высота, плотность снега и запасы воды в нем снижались. В среднем прибавка запасов воды в снегу под влиянием лесных полос составила до 30 мм. Протяженность участков с повышенной влажностью почвы копировала протяженность расположения снежного шлейфа, а на склонах небольшой крутизны протяженность таких участков была больше за счет усвоения растекающейся талой воды.

В период весеннего снеготаяния возле лесных полос сток воды сокращался в 2-4 раза благодаря переводу поверхностного стока во внутригрунтовый. Это происходило за счет разрыхления почвы корневыми системами древесных пород, способствующих уменьшению ее плотности сложения и увеличению показателей скважности.

Древесные насаждения способствовали аккумуляции продуктов смыва в верхних почвенных горизонтах, что отражалось в большем содержании илстых частиц. Лесополосы препятствовали уменьшению содержания гумуса предотвращением ветровой эрозии, уносящей мелкопылеватую и иловатую фракции почвы, богатые гумусом и питательными веществами. При уменьшении скорости ветра повышалась влажность воздуха и снижалась температура ее приземного слоя. Непродуктивное испарение влаги из почвы сокращалось на 20-50% за вегетационный период. В целом создавались благоприятные условия для биологических процессов, протекающих в почве, что в конечном итоге приводило к сохранению почвенного плодородия. Это отразилось, в частности, на увеличении мощности гумусового горизонта и глубины вскипания почв возле лесополос. В горизонте А почвенных разрезов возле лесополос отмечено более высокое содержание гумуса, валового азота по сравнению с незащищенными полями (табл. 1).

Таблица 1

Влияние 4-рядной березовой лесополосы продуваемой конструкции на агрохимические свойства чернозема выщелоченного (СПК «Правда» Альшеевского района РБ)

Расстояние от лесополосы, м	Мощность гумусового горизонта, см	Гумус, %	Азот общий, %	Фосфор подвижный, мг на 100 г	Калий обменный, мг на 100 г	Сумма поглощенных оснований, м-экв на 100 г	Водный рН
5	72	6,2	0,30	8,2	10,4	50,3	6,5
200	78	8,7	0,52	8,5	10,5	53,1	6,3
Открытое поле	62	7,0	0,22	7,5	9,4	51,2	6,6

Изменение содержания калия и фосфора было не столь заметным. Увеличение мощности гумусового горизонта связано с более интенсивным выщелачиванием почв под лесными полосами при усилении разложения органических веществ из-за более высокой увлажненности почв. В конечном итоге сохранение уровня гумусированности в комплексе с повышенной увлажненностью почв под влиянием лесных полос увеличивало эрозионную устойчивость почв. В свою очередь улучшение водно-воздушного режима почв, сохранение и увеличение их плодородия, изменение микроклимата приземного слоя воздуха в сторону, благоприятную для роста и развития сельскохозяйственных культур, повышали их урожайность на 10-15% у зерновых и на 15-20% – у кормовых культур (табл. 2).

Наиболее высокие показатели урожайности сельскохозяйственных культур получены на расстоянии 100-200 м от полос в зависимости от ее конструкции, высоты, степени ветропроницаемости с постепенным убыванием по мере удаления. В то же время непосредственно рядом с лесной полосой создавались неблагоприятные условия для развития сельскохозяйственных культур. Это депрессионная зона, размер которой изменялся в зависимости от высоты и конструкции лесной полосы. Ее ширина колебалась от 10 до 25 м, а урожайность зерновых культур уменьшалась до 10 ц/га. Ослабить это отрицательное влияние можно своевременным проведением рубок ухода в полосах и подбором сельскохозяйственных культур на полях, так как их реакция на условия депрессионной зоны неодинакова [3-5].

Таблица 2

Влияние лесополос продуваемой конструкции на урожайность зерновых культур (СПК «Знаменский» Белебеевского района РБ), ц/га

Культура		Расстояние от лесополосы, м							
		10	25	50	100	200	300	400	500
Яровая пшеница	Защищенное поле	9,5	11,2	16,6	18,4	18,1	17,0	15,2	12,7
	Контроль, 1000 м	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2
	Прибавка, ц/га	-2,7	-1,0	4,4	6,2	5,9	4,8	3,0	0,5
Озимая рожь	Защищенное поле	21,7	25,7	36,1	40,7	37,1	28,5	23,4	22,9
	Контроль, 1000 м	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3
	Прибавка, ц/га	-1,6	2,4	12,8	17,4	13,8	5,2	0,1	-0,4

Ветрозащитное действие лесных полос расширяет возможности применения орошения способом дождевания, которое может проводиться только при небольших скоростях ветра. При проектировании систем орошения необходимо учитывать такое влияние защитных лесных насаждений. Также при создании и размещении недостающих полевых защитных лесных полос на орошаемых землях целесообразно уменьшать размеры клеток, образуемых лесополосами, поскольку эффект снижения испаряемости резко уменьшается при больших межполосных расстояниях. При соблюдении этих рекомендаций уменьшается непродуктивный расход воды, она в большей степени расходуется на образование продуктивной массы урожая. К тому же лесные полосы предотвращают возможное заболачивание при превышении норм орошения. При

значительном снегоотложении и инфильтрации снеговой воды обнаруживается снижение минерализации грунтовых вод на расстоянии до 10Н. Во всех случаях с удалением от полос минерализация грунтовых вод возрастает. В то же время защитные лесные насаждения, особенно состоящие из тополей, обладая высокой транспирационной способностью, испаряют за вегетационный период до 20-40 м³ воды и понижают уровень грунтовых вод под лесной полосой на 20-60 см, причем понижение распространяется в стороны от лесополосы на 100-200 м. Это позволяет уменьшить скорость подъема грунтовых вод до критической величины и ослабить процесс засоления почвы и заболачивания орошаемых земель. В конечном итоге, по нашим расчетам, при комплексном использовании мелиораций окупаемость как ирригационных, так и ле-

сомелиоративных мероприятий сокращается на 2-3 года [6, 7].

Значительные объемы работ по созданию защитных лесонасаждений в республике проводились в 1980-е гг., когда ежегодно создавались защитные насаждения на площади более 4 тыс. га. В связи с реорганизацией сельскохозяйственных организаций (колхозов и совхозов) в последние годы эти объемы резко сократились, а с 2008 по 2014 гг. работы по созданию защитных насаждений и уходу за ними не проводились по причине отсутствия финансирования. При этом площадь агролесомелиоративных насаждений на территории республики насчитывает менее 2% площади сельскохозяйственных угодий, ниже нормативных показателей.

Внести коренной перелом в эту ситуацию могут различные федеральные и региональные целевые программы. Так, 12 октября 2013 г. Правительством Российской Федерации была утверждена федеральная целевая программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы». На основании программы в Республике Башкортостан разработана и утверждена подпрограмма «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в Республике Башкортостан в 2014-2020 годах», входящая в перечень подпрограмм госпрограммы «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в Республике Башкортостан». Ожидаемые результаты реализации мероприятий подпрограммы:

- ввод в оборот 18444 га орошаемых земель за счет строительства мелиоративных оросительных систем всех форм собственности и доведения фонда мелиорируемых земель до 53874 га (+34%);

- реконструкция 22 государственных оросительных систем мощностью 7742 га.

- защита и сохранение сельскохозяйственных угодий от ветровой эрозии (43 района, 212 хозяйств) и опустынивания (41 район, 208 хозяйств) на площади 47673 га;

- вовлечение в оборот выбывших сельскохозяйственных угодий за счет проведения культуртехнических работ (29 районов, 139 хозяйств) на площади 30000 га.

Выводы

Полученные данные доказывают, что лесомелиоративные насаждения в агроландшафтах Республики Башкортостан – один

из самых долговечных и экологичных факторов повышения продуктивности сельскохозяйственных земель. Эффективность лесных полос прежде всего зависит от их конструкции. Наибольшую эффективность имеют полезащитные лесные полосы продуваемой конструкции, минимальную – полосы плотной конструкции. На полях, защищенных лесополосами, наблюдалось улучшение агрохимических свойств почвы, ее водного режима. Урожайность зерновых культур на облепленных полях повышалась на 15-25%.

Для наиболее эффективного использования потенциала агролесомелиоративных насаждений нужно создавать законченные системы лесных полос. Благодаря наличию полезащитных лесных полос степные районы по степени обеспечения их влагой становятся лесостепными, а за счет уменьшения скорости ветра полосы способствуют улучшению роста и развитию сельскохозяйственных растений. Альтернативой сложившемуся принципу эксплуатации агроландшафтов может служить «мягкое» управление агроэкосистемами, базирующееся на использовании лесомелиоративных комплексов в качестве основного ландшафтообразующего и регулирующего фактора, осуществляющих биологический дренаж, предупреждающих засоление почвы, сохраняющих ее плодородие и повышающих продуктивность полей.

При создании и размещении недостающих полезащитных лесных полос на орошаемых землях целесообразно уменьшать размеры клеток, образуемых лесополосами, поскольку эффект снижения испаряемости резко уменьшается при больших межполосных расстояниях. В этом случае уменьшается непродуктивный расход воды, которая расходуется на образование продуктивной массы, урожая. Претворение в жизнь мероприятий целевых программ развития мелиораций на федеральном и региональном уровнях позволит повысить эффективность использования орошаемых земель и защитных лесных полос, сохранить плодородие и продуктивность сельскохозяйственных угодий.

Библиографический список

1. Системы ведения агропромышленного производства в Республике Башкортостан – Уфа: АН РБ, Гилем, 2012. – 528 с.

2. Рахматуллин З.З., Рамазанов Ф.Ф., Рахматуллина И.Р. Экологическая стабиль-

ность агролесоландшафтов Белебеевской возвышенности // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2012. – № 4 (24). – С. 70-72.

3. **Тимерьянов А.Ш., Хайретдинов А.Ф., Гафиятов Р.Х.** Воспроизводство защитных лесных насаждений // Лесное хозяйство. – 2011. – № 3. – С. 28-29.

4. **Кулик К.Н., Степанов А.М.** Полезные лесонасаждения и их роль в повышении продуктивности агроландшафтов // Вестник РАСХН. – 2008. – № 1. – С. 21-23.

5. **Тимерьянов А.Ш.** Лесная мелиорация: Учебное пособие. – СПб.: Изд-во «Лань», 2014. – 168 с.

6. **Тимерьянов А.Ш.** Защитное действие лесных насаждений на свойства почв и урожайность сельскохозяйственных культур // Вестник РАСХН. – 2011. – № 6. – С. 28-30.

7. **Тимерьянов А.Ш.** Защитные лесные насаждения и воспроизводство агролесных ландшафтов // Доклады РАСХН. – 2012. – № 6. – С. 47-50.

Материал поступил в редакцию 30.05.2016 г.

Сведения об авторах

Тимерьянов Азат Шамилович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна ФГБОУ ВО БГАУ; 450001, РБ, г. Уфа, ул. 50 лет Октября, 34; тел.: (347) 252-93-00; e-mail: turbas7@mail.ru

Рахматуллин Загир Забирович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна ФГБОУ ВО БГАУ; 450001, РБ, г. Уфа, ул. 50 лет Октября, 34; тел.: (347)252-93-00; e-mail: zagir1983@mail.ru

A.SH. TIMERYANOV, Z.Z. RAKHMATULLIN

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, Russia

PROTECTIVE FOREST BELTS ON IRRIGATED LANDS OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

In the Republic of Bashkortostan there are 228 thousand hectares of land suitable for irrigation and 60 thousand ha for drainage. In the period of the land reform the attention to land reclamation in many areas sharply declined. For the last 30 years the area of irrigated lands decreased from 152.3 ths to 35.43 ths hectares. Among the methods allowing enhancing the efficiency of irrigated lands protective forest strips play an important role – agro forestry plantings. The purpose of our research was to study the multilateral impact of agro forestry reclamation plantings on agricultural crops including under irrigation conditions. The dependence of snow distribution and yields of agricultural crops in the fields on constructions of forest belts is determined. Reclamation and environmental significance of protective forest belts is revealed in soils protection from erosion and agricultural crops from adverse natural factors, in improvement of the hydrological regime of the irrigated area and reduction of moisture losses on evaporation, protection of channels from snowdrift and deflation products, improvement of operation of irrigation facilities and hydraulic structures. When designing irrigation systems it is necessary to take into account the influence of protection forest plantings. When developing and placing the missing forest protection belts on irrigated lands it is feasible to reduce sizes of cells formed by forest belts as the effect of evaporation lowering sharply decreases at large distances between belts. Implementation of measures of target programs of development of land reclamation on the Federal and regional levels will improve the efficiency of use of irrigated lands and protective forest belts preserve the fertility and productivity of agricultural lands.

Protective forest belts, irrigation of lands, land reclamation.

Reference

1. **Sistemy vedeniya agropromyshlennogo proizvodstva v Respublike Bashkortostan.** – Ufa: AN RB, Gilem, 2012. – 528 s.

2. **Rakhmatullin Z.Z., Ramazanov F.F., Rakhmatullina I.R.** Ecologicheskaya stabil'nostj agrolesolandshaftov Belebееvskoj

vozvyshennosti // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – № 4 (24). – S. 70-72.

3. **Timerjanov A.Sh., Khairtdinov A.F., Gafiyatov R.H.** Vosproizvodstvo zashchitnyh lesnyh nasazhdenij // Lesnoje hozyajstvo. – 2011. – № 3. – S. 28-29.

4. **Kulik K.N., Stepanov A.M.** Polezashchitnye lesonasazhdeniya i h rolj v povysheonii productivnosti agrolandshaftov // Vestnik RASXN. – 2008. – № 1. – S. 21-23.

5. **Timerjanov A. Sh.** Lesnaya melioratsiya: Uchebnoje posobie. – SPb.: Izd-vo «Lanj», 2014. – 168 s.

6. **Timerjanov A. Sh.** Zashchitnoje dejstvie lesnyh nasazhdenij na svojstva pochv i urozhainostj seljskohozyajstvennyh kuljur // Vestnik RASXN. – 2011. – № 6. – S. 28-30.

7. **Timerjanov A. Sh.** Zashchitnye lesnye nasazhdeniya i vosproizvodstvo agrolesnyh landshaftov // Doklady RASXN. – 2012. – № 6. – S. 47-50.

The material was received at the editorial office
30.05.2016

Information about the authors

Azat Sh. Timeryanov, candidate of agricultural sciences, associate professor of the chair «Forestry and landscape design»; FSBEI HE BSAU; 450001, RB, Ufa, ul. 50 let Oktyabra, 34; tel.: (347) 228-08-78; e-mail: turbas7@mail.ru

Zagir Z. Rachmatullin, candidate of agricultural sciences, associate professor of the chair «Forestry and landscape design»; FSBEI HE BSAU; 450001, RB, Ufa, ul. 50 let Oktyabra, 34; tel.: (347) 228-08-78; e-mail: zagir1983@mail.ru

УДК 502/504:57:574.4

В.Ф. КОВЯЗИН

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», г. Санкт-Петербург, Россия

ХОНГ ХАНЬ ДО

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский лесотехнический университет имени С.М. Кирова», г. Санкт-Петербург, Россия

ЛЕСОВОДСТВЕННО-ДЕНДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ПАМЯТНИКЕ ПРИРОДЫ «ДУДЕРГОФСКИЕ ВЫСОТЫ»

«Дудергофские высоты», наряду с другими особо охраняемыми природными территориями (ООПТ) регионального значения и достопримечательными местами Санкт-Петербурга, были внесены в 1990 году в список всемирного наследия ЮНЕСКО. Памятник примечателен тем, что холмистая местность, представленная четырьмя небольшими, до 176 м, горами (Воронья, Лысая, Кирхгофская, Орехова), создает особые микроклиматические условия на экспозициях гор, что формирует различные по составу и структуре древостои. Склоны этих гор характеризуются богатыми дерново-карбонатными почвами. Особые микроклимат и лесорастительные условия этой территории позволили сформировать широколиственные древостои. Были изучены лесоводственно-дендрологические характеристики древесных растений, произрастающих в уникальном месте таежной зоны России. Первоначально на склонах «Дудергофских гор» произрастали аборигенные хвойные породы таежной зоны: ель европейская и сосна обыкновенная. В период Великой Отечественной войны на этой территории шли военные действия, и большая часть насаждений была уничтожена. Среди разреженных хвойных насаждений, прогалин и просветов стали формироваться естественным и искусственным путем широколиственные насаждения из клена платановидного, ясеня обыкновенного, дуба черешчатого и липы мелколистной. На горе Ореховой сохранились мелколиственные насаждения из березы повислой и пушистой, в подлеске сохранилась рябина обыкновенная. В нижней части древесного яруса встречаются заросли кустарников из орешника лесного, волчегодника обыкновенного, жимолости настоящей, калины обыкновенной и смородины черной. В статье рассмотрены биологические свойства и хозяйственное значение растений, произрастающих в памятнике природы «Дудергофские высоты».

Памятник природы, горы, природные комплексы, древесные растения, кустарники, ландшафты.

Введение. Дудергофские высоты стали памятником природы в 1992 г. Целью его создания стало сохранение и восстанов-

ление уникального ландшафта Дудергофских высот для научных, познавательных и рекреационных задач. Площадь памятника

ка природы составляет 66 га, из них луговые фитоценозы составляют всего около 15%. Он занесен в список всемирного наследия Юнеско. Дорожно-тропиночная сеть хорошо развита и занимает около 5% площади памятника природы. Имеется стадион для спортивных тренировок в летнее время. Население активно посещает памятник для отдыха, сбора грибов и цветов, проведения спортивных соревнований.

После войны на территории памятника природы в благоприятных световых (во время войны большая часть хвойных и мелколиственных пород была вырублена) и почвенных условиях (богатые дерново-карбонатные почвы) началось возобновление широколиственных пород, прежде всего – клена платановидного (*Acer platanoides* L.), ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.), дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) и липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.), ранее представленных лишь небольшой примесью в коренных сосново-еловых насаждениях. Одновременно с деревьями разрослись и кустарники. Площадь лесных фитоценозов составляет около 80%.

Методы исследований. Определенные видового разнообразия древесных пород осуществлялось по определителю [1]. За основу брались форма листа и цвет коры, их

морфологические признаки для каждого вида древесных растений и кустарников. В дальнейшем виды располагались в соответствии с алфавитом латинских названий видов (вначале приводились хвойные породы, затем лиственные). Для каждого вида указывались русское и латинское названия и роль в образовании растительности.

Диаметр деревьев измерялся мерной вилкой MANTAX (Haglof, Швеция) на высоте груди (1,3 м от шейки корня). При измерениях отдельного дерева определяли среднеарифметический диаметр из двух взаимно-перпендикулярных замеров. Высота деревьев измерялась высотомером немецкого производства Блюме-Лейсса. Возраст деревьев определялся возрастным буровом.

Густота насаждений – это важный лесоводственный показатель насаждения. Под густотой понимается число деревьев на площади 1 га. С возрастом густота насаждений уменьшается вследствие отмирания отдельных деревьев. Она устанавливалась по учетным площадкам размером 10 x 10 м.

Результаты и обсуждение. На склонах Ореховой, Вороньей и Кирхгофской гор произрастают древостои, в составе которых встречаются породы, приведенные в таблице 1 [1, 6].

Таблица 1

Древесные породы в памятнике природы «Дудергофские высоты»

п/п	Название древесной породы		Место произрастания
	русское	латинское	
1	Ель европейская	<i>Picea abies</i> L.	На склонах Ореховой, Кирхгофской, Вороньей гор
2	Сосна обыкновенная	<i>Pinus sylvestris</i> L.	На склонах Кирхгофской, Вороньей гор
3	Клен остролистный	<i>Acer platanoides</i> L.	На склонах Ореховой, Кирхгофской, Вороньей гор
4	Ясень обыкновенный	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	На склонах Ореховой, Кирхгофской, Вороньей гор
5	Дуб черешчатый	<i>Quercus robur</i> L.	На склонах Ореховой горы
6	Липа мелколиственная	<i>Tilia cordata</i> Mill.	На склонах Ореховой, Кирхгофской, Вороньей гор
7	Береза повислая	<i>Betula pendula</i> L.	На склонах Ореховой горы
8	Берёза пушистая	<i>Betula pubescens</i> L.	На склонах Ореховой горы
9	Рябина обыкновенная	<i>Sorbus aucuparia</i> L.	На склонах Вороньей горы

Ель европейская (*Picea abies* L.) является аборигенным видом в этих условиях. В зоне тайги образует как чистые еловые древостои, так и смешанные – с березой и сосной. Порода малотребовательна к почве и отличается теневыносливостью. Средний возраст елового элемента леса составляет около 200 лет,

средние диаметр – 40 см, высота – 24 м. Шишки содержат эфирное масло, смолы, дубильные вещества. Отвар и настой шишек применяют для лечения заболеваний дыхательных путей и бронхиальной астмы. Настой почек ели оказывает противомикробное, спазмолитическое и десенсибилизирующее действие.

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) [1, 10] – дерево высотой до 40 м и диаметром ствола до 1,2 м, растёт вместе с елью, образует как чистые насаждения, так и смешанные с берёзой, осинкой. Сосна – широко распространённый вид в таежной зоне России и Евразии, встречается на объекте исследования группами или одиночно, в возрасте 100-150 лет.

Сосна малотребовательна к почвенно-грунтовым условиям, хорошо приспособлена к различным температурным условиям, отличается светолюбивостью.

Берёза повислая (*Bétula péndula* L.) и **берёза пушистая** (*Bétula pubéscens* L.) [1, 4] произрастают только на Ореховой горе. Это широко распространённые лесообразующие породы, формирующие мелколиственные леса по всем климатическим зонам. Однако берёзовые насаждения не являются коренными – они возникли на месте первичных хвойных лесов. Берёза произрастает на бедных, хорошо дренированных почвах и является светолюбивой породой. Она присутствует в лесах только как примесь, по более светлым земельным участкам. Древесина желтовато-белая, плотная и тяжёлая. Порода сравнительно недолговечна, живёт до 120 лет.

Часто берёза пушистая и берёза повислая растут совместно и образуют множество переходных форм. При благоприятных условиях достигают 25-30 м в высоту и до 80 см в диаметре. Берёзовые насаждения имеют густой подлесок из орешника лесного (*Corylus avellana* L.), волчегонника обыкновенного (*Dáphne mezéreum* L.), жимолости настоящей (*Lonicera xylosteum* L.), калины обыкновенной (*Vibúrnum ópulus* L.) и смородины черной (*Ribes nígrum* L.).

Клен платановидный (*Ácer platanóides* L.) [1] – вид, широко распространённый в Европе. Это дерево высотой 12-28 м, с широкой густой шаровидной кроной. Высота деревьев в заповеднике достигает 15 м. Кора молодых деревьев гладкая серо-коричневая, с возрастом темнеет до почти чёрной и покрывается длинными, переплетающимися продольными трещинами. Клён платановидный – двудомное растение, опыляется насекомыми. Первые 3 года растёт довольно быстро, годовой прирост молодого дерева иной раз достигает 1 м, плодоносить начинает после 20 лет; в природе живёт до 150 лет.

Ясень обыкновенный (*Fráxinus excélsior* L.) [1] – древесное растение высотой 20-30 м и диаметром ствола до 1 м. Крона высокоподнятая, ажурная, чистых насажде-

ний не образует. Растёт быстро, предпочитает плодородные слабощелочные почвы. Размножается семенами, после рубки даёт обильную поросль от пня.

Естественным ареалом **дуба черешчатого** (*Quercus robur* L.) [1] являются регионы Северного полушария с умеренным климатом. На территории памятника природы дуб черешчатый встречается на Ореховой горе, где он хорошо узнаваем по его плодам – жёлудям.

Липа мелколистная (*Tília cordáta* Mill.) [1] встречается на склонах Вороньей, Ореховой и Кирхговской гор старовозрастными деревьями высотой до 22-24 м. Широко используется в озеленении городов, довольствуется весьма разнообразными почвами, но предпочитает богатые почвы. Легко размножается семенами и вегетативно.

Рябина обыкновенная (*Sórbus aucupária* L.) [1] – широко распространённое малоценное плодовое дерево, заметное своими яркими плодами, остающимися на ветвях растения до глубокой осени и даже всю зиму. Латинский видовой эпитет *aucuparia* происходит от лат. *avis* – «птица», *capere* – «привлекать», «ловить». Это связано с тем, что плоды рябины привлекательны для птиц и использовались в качестве приманки для их ловли. Растёт отдельными экземплярами, не образуя сплошных зарослей, в подлеске или втором ярусе хвойных, смешанных, изредка лиственных лесов, на лесных полянах и опушках, между кустарниками. Теневыносливое и зимостойкое растение. Дерево достигает высоты 12 м. Крона округлая, ажурная. Осенью листья окрашиваются в золотистые и красные тона. Цветёт в мае–июне. При цветении источается неприятный запах (причиной является газ триметиламин).

Густые заросли на Дудергофских высотах образованы видами кустарников, отражённых в таблице 2 [1].

Заросли **орешника лесного** (*Corylus avellana* L.) покрывают 9,3% всей территории памятника природы. Орешник занимает лишь самые крутые части склонов, постепенно вытесняясь кленом и ясенем. На восточном и юго-восточном склонах Ореховой горы заросли орешника наиболее густые, их высота достигает 5-6 м, иногда – 8 м. На северном склоне горы орешник более разреженный, с отдельными деревьями ели и пихты. Орешник – листопадный кустарник с простыми круглыми или широкоовальными, довольно большими листьями. Форма листьев дала основание для

русского названия вида – словно туловище у рыбы леща. Это первое растение, которое зацветает и распускаются рано весной, до появ-

ления листьев, является феноиндикатором: ее цветение принимается за точку отсчёта в фенологическом календаре развития растений.

Таблица 2

Кустарниковые растения в памятнике природы «Дудергофские высоты»

п/п	Название древесной породы		Место произрастания
	русское	латинское	
1	Орешник лесной	<i>Corylus avellana</i> L.	На склонах Ореховой, Кирхгофской, Вороньей гор
2	Волчегондик обыкновенный	<i>Daphne mezereum</i> L.	На склонах Ореховой горы
3	Жимолость настоящая	<i>Lonicera xylosteum</i> L.	На склонах Ореховой горы
4	Калина обыкновенная	<i>Viburnum opulus</i> L.	На склонах Ореховой горы
5	Смородина черная	<i>Ribes nigrum</i> L.	На склонах Ореховой горы

Волчегондик обыкновенный (*Daphne mezereum* L.) [2] – листопадный, маловетвистый, невысокий (60-120 см) кустарник. Цветёт ранней весной (апрель – начало мая), до распускания листьев. В прозрачном, еще безлистном лесу отличается декоративностью. Является самым раннецветущим кустарниковым растением для средней полосы России. Все части растения, особенно плоды, содержат остро жгучий ядовитый сок.

Жимолость настоящая (*Lonicera xylosteum* L.) [1] – листопадный кустарник высотой до 2,5 м, в диком виде встречается в северной, центральной и восточной областях Европы, на Урале и в Западной Сибири. Растёт в подлеске хвойных и смешанных лесов, в оврагах и возле рек. Декоративное растение, листья длиной 3-7 см, шириной 2-5 см, супротивные, эллиптической формы, коротко заострённые, цельнокрайние. Жимолость иногда используется как декоративное растение, хорошо переносит стрижку. Очень твёрдая желтоватая древесина используется для изготовления мелких поделок. Даёт медоносным пчёлам много нектара и пыльцу.

Калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.) [1] – кустарник, реже дерево, с серовато-бурой корой, покрытой продольными трещинами, высотой 1,5-4 м, со съедобными плодами, доживает до 50 лет. Плоды и кора используются в народной медицине. Выведены декоративные красиво цветущие сорта.

Калина не требовательна к условиям произрастания, легко переносит засухи и морозы, однако наиболее распространена в умеренном климате Европы и Азии. Встречается повсюду в Европейской части России. Это светолюбивое растение, но выносит некоторое затенение. В тени обычно не плодо-

носит. Мезофит, микротерм, мезотроф, предпочитает увлажнённые почвы, встречается как на берегах водоёмов, так и на лесных полянах, опушках, на вырубках, входит в состав подлеска, никогда не доминируя в нём. Размножается калина семенами, отводками и корневыми отпрысками.

Смородина черная (*Ribes nigrum* L.) [1] – кустарник высотой 1-2 м. Широко культивируется. Произрастает по береговым зарослям, во влажных лиственных, смешанных и хвойных лесах и по их окраинам, в ольшаниках, по берегам рек, озёр, по окраинам болот и на влажных пойменных лугах, одиночно и небольшими зарослями. Растение предпочитает хорошо освещённые места, хотя может смириться и с полутенью, но при этом реже цветёт. Предпочитает лёгкие рыхлые, хорошо увлажнённые плодородные суглинки, на почвах с повышенной кислотностью растёт плохо. Размножают смородину одревесневшими черенками.

Выводы

Начало освоению живописной Дудергофской возвышенности было положено в первой половине XIX в. В то время горы были покрыты хвойными породами, преимущественно еловыми насаждениями с участием широколиственных пород. Такие черты в растительном покрове, характерные для более южных широт, были обусловлены природными особенностями территории: в первую очередь – контрастным рельефом и богатыми дерново-карбонатными почвами на известняках. В 1820-1830 гг. по указу супруги императора Николая I Александры Федоровны, на Дудергофских высотах был устроен парк: проведены ландшафтные руб-

ки и посадки декоративных древесных пород и кустарников, проложены пейзажные дорожки, устроены лестницы из камня.

Во время Великой Отечественной войны растительности высот был нанесен колоссальный урон. Ожесточенные бои в 1941-1944 гг. с применением танков, артиллерии и авиации оставили от живописного парка лишь редины и заросли молодняка с отдельно стоящими старыми деревьями. После войны в благоприятных лесорастительных условиях началось активное естественное возобновление широколиственных пород. Одновременно разрослись кустарники, в первую очередь – орешник, и в результате за шесть десятилетий на «Дудергофских высотах» сформировался уникальный «островок» широколиственного леса, резко отличающийся от растительности южной тайги, свойственной нашим широтам.

В настоящее время на территории памятника природы преобладают кленовые и ясенево-насаждения различного состава. Небольшую роль в составе растительности памятника природы играют мелколиственные древостои и кустарниковые сообщества. Вершины холмов и наиболее крутые участки склонов заняты луговыми фитоценозами.

Библиографический список

1. **Ванин А.И.** Определитель деревьев и кустарников: Учебник / А.И. Ванин. – М.: Лесная промышленность, 1967. – 236 с.
2. **Вахрамеева М.Г., Денисова Л.В.** Волчье лыко обыкновенное // Биол. флора Моск. обл. – М.: Изд-во МГУ. – 1974. – № 1. – С. 124-130.
3. **Волин А.В.** Диапировые структуры окрестностей Ленинграда // Сб. «Природная обстановка и фауны прошлого» / А.В. Волин. Киев: Наукова думка, 1974. – № 8. – С. 142-150.

4. **Гроздова Н.Б., Некрасов В.И., Глоба-Михайленко Д.А.** Деревья, кустарники и лианы: Справочное пособие. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 349 с.

5. **Зандер В.Е., Саломон А.П.** Геология СССР. Т 1: Тектоника. – М.: Недра, 1971. – С. 361-407.

6. **Каппер О.Г.** Хвойные породы: лесоводственная характеристика / О.Г. Каппер. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1954. – 303 с.

7. **Лобанов И.Н.** О природе дислокаций Дудергофских высот в окрестностях Ленинграда / И.Н. Лобанов // Геотектоника. – 1976. – № 6. – С. 89-98.

8. **Лобанов И.Н.** О природе дислокаций Дудергофских высот и района г. Павловска / И.Н. Лобанов // Известия ВГО. Т. 111. – 1979. – № 4. – С. 334-342.

9. **Ломтадзе В.Д.** Инженерная геология: инженерная петрология / В.Д. Ломтадзе. – Л.: Недра, 1970. – 528 с.

10. **Правдин Л.Ф.** Сосна обыкновенная: изменчивость, внутривидовая систематика и селекция / АН СССР. – М.: Наука, 1964. – 194 с.

Материал поступил в редакцию 15.06.2016 г.

Сведения об авторах

Ковязин Василий Федорович, доктор биологических наук, профессор кафедры инженерной геодезии; ФГБОУ ВО СПбГУ; 199106, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, д. 2; тел.: 8 (911) 954-26-89; e-mail: vfkedr@mail.ru

До Хонг Хань, аспирантка; ФГБОУ ВО СПбГЛТУ имени С.М. Кирова; 194021, г. Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5; тел.: 8 (921) 359-45-99; e-mail: dohanh326@gmail.com

V.F. KOVYAZIN

Federal state budgetary educational institution of higher education «Saint-Petersburg Mining University»,
Saint-Petersburg, Russia

HONG HANH DO

Federal state educational institution of higher education «Saint-Petersburg Forestry Engineering University
named after of S.M. Kirov», Saint-Petersburg, Russia

FORESTRY AND DENDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF WOODY PLANTS IN THE NATURAL MONUMENT «DUDERHOF HEIGHTS»

«Duderhof Heights», along with other protected natural areas (OOPT) and regional attractions of St. Petersburg were introduced in 1990 into the UNESCO list of World Heritage [7]. The monument is remarkable for the hilly country represented by four small mountains up to 176 m mountains (Voronina, Lysaya, Kirzhogovskaya, Orehova), it creates special micro-climatic conditions in the exposures of mountains that forms a variety of compositions and structures of forest stands [8, 9]. Slopes of these mountains are characterized by rich sod-carbonate soils. Special microclimate and forest growing conditions of this area allowed forming broad-leaved stands of trees. There were studied forestry – dendrological characteristics of woody plants growing in the unique place of the taiga zone of Russia. Originally on the slopes of «Duderhof Heights» aboriginal coniferous trees of the taiga zone grew: European spruce and Scotch pine. During the Great Patriotic War there were military operations on this territory and the most part of plantations was destroyed. Among the thinned out coniferous plantations, glades and clear spaces there began to form by natural and artificial way broad leaved plantations of Norway maple, European ash, English oak and tillet. On the mountain Orekhovaya there are remained small-leaved plantations of drooping birch and white birch, in the undergrowth remains a rowan tree. In the lower part of the wood tier there can be met brushwood of nut-trees, February daphne, honeysuckle, high cranberry and blackcurrant. The article considers biological characteristics and economical significance of plants growing in the natural monument «Duderhof Heights».

Natural monument, mountains, natural complexes, woody plants, shrubs, landscapes.

References

1. **Vanin A.I.** Opredelitelj derevjev I kustarnikov: Uchebnik / A.I. Vanin. – M.: Lesnaya promyshlennostj, 1967. – 236 s.
2. **Vahrameeva M.G.** **Denisova L.V.** Volchje lyko obyknovennoye // Biol. Flora Mosk. obl. – M.: Izd-vo MGU. – 1974. – № 1. – S. 124-130.
3. **Volin A.V.** Diapirovyje tructury okrestnostej Leningrada // Sb. «Prirodnaya obstanovka i fauny proshlogo» / A.V. Volin. Kiev.: Naukova Dumka, 1974. – № 8. P. 142-150.
4. **Grozdova N.B., Nekrasov V.I., Globa-Mikhailenko D.A.** Derevja, kustarniki i liany: Spravochnoye posobie. – M.: Lesnaya promyshlennostj, 1986. – 349 s.
5. **Zander V.E., Salomon A.P.** Geologiya SSSR. T 1: Tektonika. – M.: Nedra, 1971. – S. 361-407.
6. **Capper O.G.** Hvojnye porody: lesovodstvennaya harakteristika / O.G. Capper. – M. – L.: Goslesbumizdat, 1954. – 303 s.
7. **Lobanov I.N.** O prirode dislokatsij Duderhofskih vysot v okrestnostyah Leningrada / I.N. Lobanov // Geotektonika. – 1976. – № 6. – S. 89-98.
8. **Lobanov O** prirode dislokatsij Duderhofskih vysot I rajona g. Pavlovska / I.N. Lobanov // Izvestiya VGO. T. 111. – 1979. – № 4. – S. 334-342.
9. **Lomtadze V.D.** Ingenernaya geologiya: Ingenernaya petrologiya / V.D. Lomtadze. – L.: Nedra, 1970. – 528 s.
10. **Pravdin L.F.** Sosna obyknovennaya: izmenchivostj, vnutrividovaya sistematika i selektsiya / AN SSSR. – M.: Nauka, 1964. – 194 s.

The material was received at the editorial office
15.06.2016

Information about the authors

Kovyazin Vasilij Fedorovich, doctor of biological sciences, professor of the chair of engineering geodesy; FSBEI HE SPbSMU; 199106, St. Petersburg, Vasilevsky ostrov, 21st Line, 2; tel.: 8 (911) 954-26-89; e-mail: vfkedr@mail.ru

Do Hong Hanh, post graduate student; FSBEI HE SPbSFEU named after S.M. Kirov; 194021, St. Petersburg, Institutskiy per, 5; tel.: 8 (921) 359-45-99; e-mail: dohanh326@gmail.com

УДК 502/504:630.181

Р.Ф. МУСТАФИН, З.З. РАХМАТУЛЛИН, А.Р. РАЯНОВА

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

ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ПРИ ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ БЕРЕГОВ РЕК

В статье описаны процессы размыва склонов берегов рек и влияние древесно-кустарниковой растительности на устойчивость склонов. Отмечено, что водная эрозия причиняет большой вред сельскохозяйственным угодьям и хозяйственным постройкам и сооружениям. Особенно заметны последствия боковой эрозии на берегах рек и ручьев. Древесно-кустарниковой растительности отводится особая роль в борьбе с водной эрозией. Леса, расположенные в водоохраных зонах, выполняют функции предотвращения загрязнения, засорения, заиливания водных объектов и истощения их вод, сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира, а также укрепления берегов рек. Дополнительная удерживающая сила грунтово-корневого слоя учитывается путем искусственного повышения прочностного показателя грунта – удельного сцепления «с» в верхней зоне грунта. Увеличение удельного сцепления устанавливается в зависимости от среднего диаметра стволов деревьев и среднего расстояния между деревьями. Размыв берегов зависит от строения этих берегов, морфологии речных долин, водности рек, особенностей протекания русловых процессов. Размываемость глинистых грунтов зависит от их структурно-текстурных особенностей, дисперсности. Размывающие скорости в грунтах с ненарушенным сложением в 3-6 раз выше, чем при нарушенном сложении. Сопротивляемость размыву возрастает при преобладании частиц 0,001-0,05 мм, а также при уменьшении пористости. Сопротивляемость размыву водонасыщенных грунтов выше, чем воздушно-сухих, так как водонасыщенные грунты меньше впитывают в себя воду. Вымывание глинистого грунта из зоны, пронизанной корнями, должно происходить медленнее, чем вымывание песка. Предложенная оценка устойчивости берегов рек экологически безопасна. Она соответствует естественному процессу восстановления деградированных земель.

Склон, древесно-кустарниковая растительность, грунты, корни, размываемость, грунты, липкость, удельное сцепление.

Введение. В Республике Башкортостан разрушающие процессы в почвах связаны прежде всего с развитием водной и ветровой эрозии, причем около 67% общей площади сельскохозяйственных угодий подвержено этим видам эрозии [1]. Большую долю занимает речная эрозия, представленная двумя видами экзогенных геологических процессов: глубинной и боковой. Глубинная эрозия в большинстве случаев не представляет хозяйственного значения и не оказывает прямого отрицательного воздействия на инженерные сооружения. В то же время вред речной боковой эрозии достоверно зафиксирован во многих населенных пунктах региона. Наибольшие скорости разрушения наблюдаются на берегах, сложенных слабими в физико-механическом отношении породами, на поворотах и излучинах рек [2].

Особую роль в борьбе с береговой эрозией играют водоохраные зоны, а точнее леса, расположенные на этих зонах. Леса, расположенные в водоохраных зонах, выде-

лены по рекам, ручьям, озерам шириной 50, 100, 200 м в зависимости от протяженности рек, ручьев и площади озер в соответствии с п. 4 ст. 65 Водного кодекса Российской Федерации от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ (их общая площадь в Республике Башкортостан составляет 98605 га). Леса, расположенные в водоохраных зонах, выполняют функции предотвращения загрязнения, засорения, заиливания водных объектов и истощения их вод, сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира, а также укрепления берегов рек. Существующее выделение данной категории соответствует целям сохранения полезных функций лесов [3].

Исходя из вышеизложенного вопросы повышения устойчивости берегов рек приобретает особую значимость. Устойчивость берегов зависит от многих факторов, плохо поддающихся количественной оценке, одним из которых, например, является влияние прибрежной растительности. Практика показывает,

что берега, покрытые древесно-кустарниковой растительностью, при прочих равных условиях более устойчивы к размыву, чем берега без них. Однако такие вопросы специалисты по природообустройству вынуждены решать, опираясь лишь на личный опыт и «инженерную интуицию». В мировой практике пока не предложены какие-либо расчеты, позволяющие количественно оценивать защитные свойства прибрежной растительности. С этой точки зрения целесообразно рассмотреть принципы расчета [4], когда устойчивость склонов предлагается оценивать с учетом армирующего действия корневой системы древесной растительности, растущей на этом

склоне. Как следует из работы [4], корни деревьев распространяются преимущественно в горизонтальном (радиальном) направлении, проникая на глубину примерно 2-2,5 м. При этом площадь корневой системы (в плане) в несколько раз превышает площадь горизонтальной проекции кроны дерева. При расстоянии между деревьями 5-6 м корни могут переплетаться (и даже срастаться), и у поверхности земли образуется так называемый «грунтово-корневой слой», т.е. слой грунта 2-2,5 м, пронизанный многочисленными корнями (рис. 1). Такой слой, естественно, обладает повышенной сопротивляемостью сдвиговым или разрывным деформациям.

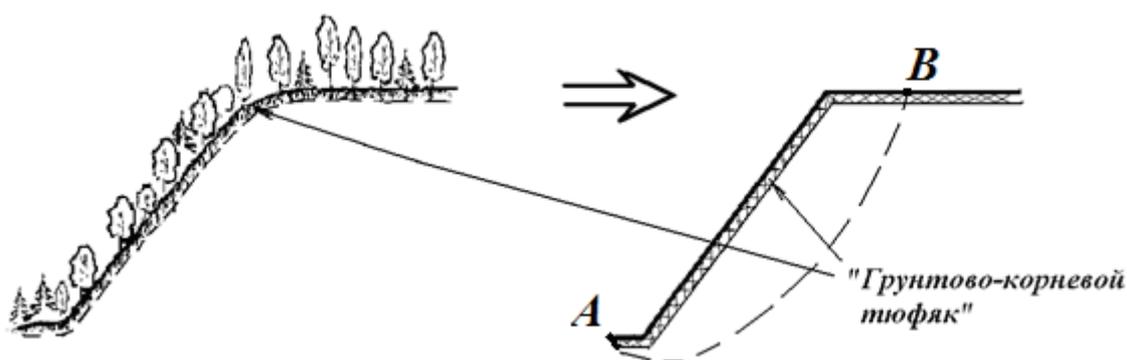


Рис. 1. Схема расположения «грунтово-корневого слоя»

Этот «грунтово-корневой слой» покрывает склон от подошвы до гребня, и оползающий массив грунта должен преодолевать не только «внутреннее сопротивление» грунта внутри склона, но и дополнительное сопротивление упомянутого слоя, который нужно «перерезать» в двух местах: сверху – на гребне склона (точка В на рисунке 1) и внизу – у его подошвы (точка А). Дополнительная удерживающая сила грунтово-корневого слоя учитывается путем искусственного повышения прочностного показателя грунта – удельного сцепления «с» в верхней зоне грунта (до глубины 2-2,5 м).

Материалы и методы исследования. Сущность расчета, предложенного авторами [4], состоит в том, что такое увеличение удельного сцепления устанавливается в зависимости от среднего диаметра стволов деревьев и среднего расстояния между деревьями (в зоне предполагаемого оползня). Предложены соответствующие таблицы, облегчающие процедуру такого расчета. В процессе инженерно-геологических изысканий устанавливаются упомянутые выше дополнительные данные – средний диаметр стволов и среднее расстояние между соседними деревьями. Для таких определений не тре-

буется высокая точность, так как сам расчет является приближенным. Как показывает практика, оценка диаметров стволов деревьев и расстояний между деревьями с точностью $\pm 20\%$ является приемлемой, что позволяет проводить такие оценки визуально. При большом количестве деревьев на выделенном участке получение исходных данных может проводиться выборочным методом, т.е. обследоваться могут не все деревья и не все расстояния между ними, а только небольшая их выборка. Необходимо лишь надежно обеспечивать случайность такой выборки.

После определения упомянутых выше показателей (средних значений диаметров стволов и расстояний между стволами) определяется степень насыщения грунтово-корневого слоя корнями (доля корней в общем объеме слоя). Для этого используется приведенная ниже таблица 1, составленная применительно к наиболее типичной толщине такого слоя – 2 м

По полученной доле корней определяется искомое приращение удельного сцепления по таблице 2 (также составленной применительно к толщине грунтово-корневого слоя 2 м) и по формуле 1.

Данные степени насыщенности грунтово-корневого слоя корнями

Средний диаметр стволов деревьев, м	Доля объема корней в общем объеме грунтово-корневого слоя, %, при среднем расстоянии между деревьями, м				
	2	3	4	5	6
0,1	0,3	0,13	0,07	0,05	0,03
0,2	1,2	0,52	0,30	0,19	0,13
0,3	–	1,16	0,65	0,42	0,29
0,4	–	1,88	1,05	0,67	0,47
0,5	-	–	1,22	0,78	0,54

Таблица 2

Удельное сцепление

Степень насыщенности корнями, %	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,50	1,00	2,0
Удельное сцепление, кПа	3,5	7,0	10,2	14,0	17,5	35,0	70	140

Удельное сцепление грунта в пределах грунтово-корневого слоя принимается в виде величины $c_{г-к}$

$$c_{г-к} = c_{станд} + c_{доп}, \quad (1)$$

где $c_{станд}$ – удельное сцепление, определенное стандартным методом (без учета корневой системы деревьев); $c_{доп}$ – дополнительная часть удельного сцепления, определяемая в зависимости от насыщенности этого слоя корнями по таблице 2.

Дальнейшие действия по оценке устойчивости склона происходят в рамках «обычного» традиционного подхода. Используется любой известный метод расчета устойчивости склонов (т.е. метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения, метод ломаных поверхностей и т.д.), реализуемый «вручную» или с помощью компьютерных программ. При этом приемлема любая компьютерная программа, используемая при традиционной оценке склонов без учета растительности. Иными словами, различие предлагаемого подхода от традиционных расчетов проявляется лишь на этапе подготовки исходных данных, т.е. в принятии уточненных характеристик прочности грунта в верхнем слое (2-2,5 м).

Расчеты показывают, что влияние растительности проявляется в наибольшей мере при небольших склонах (высотой до 10-15 м), в грунтах невысокой прочности (в мягко- и текучепластичных глинистых

грунтах, в рыхлых песках). Практика вполне подтверждает такие выводы.

Изложенные представления должны быть применимы и к оценке устойчивости речных берегов. Однако следует учесть, что условия работы береговых склонов имеют свою специфику и требуют учета множества дополнительных факторов. Исследования гидрологов показывают, что размыв берегов зависит от строения этих берегов, морфологии речных долин, водности рек, особенностей протекания русловых процессов [5, 6]. Составлены даже карты, отображающие различные условия размыва речных берегов во всех регионах России. Тем не менее, несмотря на все многообразие условий переработки берегов, определяющим процессом во всех случаях остается обрушение грунтовых масс, их соскальзывание в сторону реки, т.е. периодические оползни. Именно такие оползни определяют скорость размыва берегов, которая обычно лежит в диапазоне от нескольких сантиметров до десятков метров в год. Собственно размыв грунта у береговой линии протекает медленно и поэтому не является главным разрушительным фактором. Однако он всегда активизирует оползневые процессы, которые многократно ускоряют такое разрушение. Они вызывают «подрезку» склонов, которая очень сильно снижает их устойчивость (рис. 2).

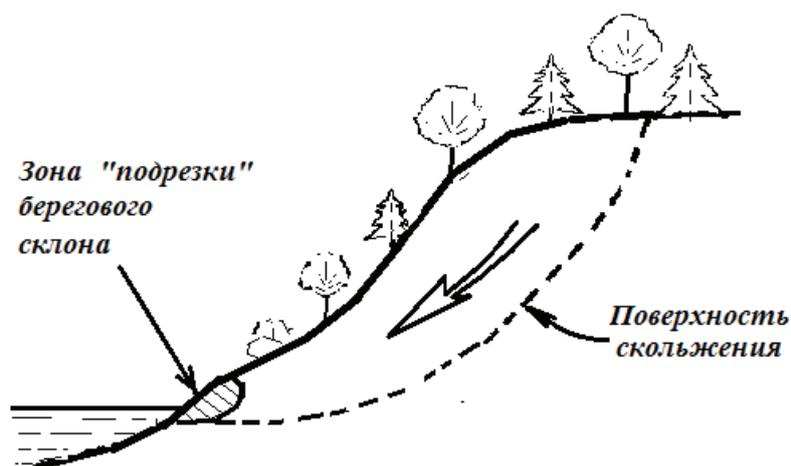


Рис. 2. Возникновение «подрезки» берегового склона вследствие его подмыва

К таким оползням может быть применен изложенный выше способ учета армирующего действия корневой системы древесной растительности. Следует лишь уточнить влияние особенностей прибрежной растительности: наличие кустарника, камышей и др. Однако возникает другой важный вопрос о том, влияет ли растительность на интенсивность такого размыва. В отечественных и зарубежных публикациях каких-либо сведений по этому вопросу нет (по крайней мере авторы их не обнаружили). Тем не менее исследование процесса размываемости грунтов без увязки его с растительностью ведется уже давно [7-9]. Для характеристик размываемости грунтов используются два показателя [10]:

– размывающая скорость водного потока, представляющая собой среднюю скорость водного потока, при которой начинается отрыв отдельных частиц и агрегатов и волочение их по потоку, м/с;

– интенсивность размыва – отношение средней толщины размываемого слоя грунта при данной скорости размыва к длительности размыва, мм/мин.

Эти показатели определяются индивидуально, для каждого конкретного случая, расчетным или опытным путем. Используются специальные гидравлические лотки, результаты натурных наблюдений на существующих водотоках и водоемах. Обычно для илов размывающая скорость равна примерно 0,3 м/с, для мелких песков – 0,4 м/с, для крупных песков – 0,8 м/с, для глин (в зависимости от плотности) – 0,8-2,1 м/с, для гравия – 0,9-1,4 м/с, для пористого известняка – 3,7 м/с и т.д. [11, 12].

Результаты исследований. Размываемость глинистых грунтов зависит

от их структурно-текстурных особенностей, от их дисперсности. Размывающие скорости в грунтах с ненарушенным сложением в 3-6 раз выше, чем при нарушенном сложении. Сопrotивляемость размыву возрастает при преобладании частиц 0,001-0,05 мм, а также при уменьшении пористости. Сопrotивляемость размыву водонасыщенных грунтов выше, чем воздушно-сухих, так как водонасыщенные грунты меньше впитывают в себя воду.

О влиянии растительности на размываемость грунтов можно лишь делать предположения теоретического характера. Если рассматривать размывание грунта в зоне береговой линии, то необходимо выделить два процесса. Во-первых, это процесс отрыва и увлечения водным потоком мелких частиц грунта, приводящий к постепенному «скабливанию» поверхностного слоя грунта. Во-вторых, это образование трещин размыва, отрыв и вынос отдельных блоков грунта.

Не вызывает сомнений то, что второй процесс должен зависеть от наличия корней в грунте, которые должны удерживать образующиеся блоки отрыва. Что же касается первого процесса, то здесь определенности значительно меньше. По-видимому, должно иметь значение сцепление грунта с корнями береговой растительности. Способность грунта прилипать к различным материалам обычно характеризуется свойством, именуемым «липкостью». Липкость определяется усилием, требующимся для отрыва прилипшего предмета от грунта при различных его влажностях. Липкость песков и супесей ничтожна по сравнению с липкостью глинистых грунтов, где она может достигать 50-55 кПа. Величина липкости зависит от материала, к которому грунт при-

липают. Экспериментально установлено, что глинистые грунты сильнее всего прилипают к деревянным предметам (по сравнению с металлом), т.е. сцепление с корнями у глин должно быть значительным. Песчаные грунты, заторфованные грунты, наоборот, проявляют большую липкость к металлам. Таким образом, вымывание глинистого грунта из зоны, пронизанной корнями, должно (при прочих равных условиях) идти медленнее, чем вымывание песка.

Выводы

Устойчивость береговых склонов и интенсивность размыва их «подножья» (образования «подрезки») должны зависеть от наличия древесно-кустарниковой растительности на этих склонах.

В целом для разработки методики расчета устойчивости береговых склонов с учетом древесно-кустарниковой растительности необходимо решить следующие задачи:

- разработать методику прогнозирования изменений конфигурации берегового склона после ожидаемого размыва его подошвы (на период 20-30 лет);

- уточнить методику оценки удерживающего влияния корневой системы древесной растительности применительно к береговым склонам, т.е. методику установления прочностных характеристик «грунтового-корневого слоя»;

- разработать и проверить методику расчета устойчивости берегового склона с учетом размыва его подошвы и армирующего действия корневой системы древесно-кустарниковой растительности.

Библиографический список

1. **Смирнов А.И.** Площадная эрозия рек на территории Республики Башкортостан // Геологический сборник № 10: Информационные материалы / ИГ УНЦ РАН. – Уфа: ДизайнПресс, 2013 – С. 57-59.

2. **Соболь Н.В.** Развитие эрозионных процессов в изменяющихся климатических условиях южно-уральского региона: Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. – Уфа, 2016 – С. 4.

3. Лесной план Республики Башкортостан. Кн. 1: Пояснительная записка. – Уфа: Рослесинфорг, 2015. – С. 28.

4. **Рыжков И.Б., Арсланов А.А., Мустафин Р.Ф.** О количественном учете древесно-кустарниковой растительности при расчете устойчивости склонов // Основания,

фундаменты и механика грунтов. – 2014. – № 3. – С. 21-25.

5. **Загитова Л.Р.** Оценка антропогенных изменений стока в бассейне р. Белой: Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. – Пермь, 2004. – 119 с.

6. **Загитова Л.Р., Мустафин Р.Ф.** Особенности загрязнения реки Зиган объектами нефтедобычи // Межведомственный сборник материалов, посвященных Всемирному дню водных ресурсов. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2012. – С. 63-66.

7. **Мащенко А.Б., Пономарев А.Б., Сычкина Е.Н.** Специальные разделы механики грунтов и механики скальных грунтов. – Пермь: Изд ПНИПУ, 2014. – 176 с.

8. **Воронкевич С.Д.** Основы технической мелиорации грунтов: Учебник. 2-е изд. – М.: Научный мир, 2005. – 504 с.

9. **Мустафин Р.Ф.** Состояние р. Ямань-елга в районе куста нефтедобывающих скважин // Межведомственный сборник материалов, посвященный Всемирному дню водных ресурсов. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2013. – С. 34-36.

10. СП 116-13330-2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22.02-2003. <http://docs.cntd.ru/document/1200095540>. Дата обращения – 24.10.2016 г.)

11. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* (<http://docs.cntd.ru/document/1200084710>). Дата обращения – 24.10.2016 г.).

12. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. <http://www.lidermsk.ru/documents/236/>. Дата обращения – 24.10.2016 г.).

Материал поступил в редакцию 30.05.2016 г.

Сведения об авторах

Мустафин Радик Флюсович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, Российская Федерация, 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50 лет Октября, 34; e-mail: mustafin-1976@mail.ru

Рахматуллин Загир Забирович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, Российская Федерация, 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50 лет Октября, 34; e-mail: rahmatullin_zagir@mail.ru

стан, г. Уфа, ул. 50 лет Октября, 34; e-mail: zagir1983@mail.ru

Раянова Анжелика Рамисовна, аспирант кафедры природообустройства, строи-

тельства и гидравлики, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, Российская Федерация, 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50 лет Октября, 34; e-mail: mustafin-1976@mail.ru

R.F. MUSTAFIN, Z.Z. RAKHMATULLIN, A.R. RAYANOVA

The Federal state budgetary educational institution of higher professional education «The Bashkir state agrarian university»

TREES AND SHRUBS IN ASSESSING THE SUSTAINABILITY OF RIVERS BANKS

The article describes the processes of slopes erosion of rivers banks and the impact of tree and shrub vegetation on slope stability. It is noted that water erosion causes a great harm to agricultural lands and economic buildings and structures. Especially notable is the consequences of the lateral erosion on the banks of rivers and streams. Trees and shrubs can play a special role in the control of water erosion. Forests located in the water protection zones perform protective functions of pollution, clogging, sedimentation of water bodies and exhaustion of their water, preservation of the habitat of water biological resources and other objects of animal and vegetation world as well as protection of rivers banks. The additional confining force of a ground and root layer is considered by the artificial increase of the soil strength index – specific cohesion «c» in the top soil zone. The increase in the specific cohesion is established depending on the average diameter of trees trunks and average distance between trees. Washout of banks depends on the structure of these banks, morphology of river valleys, water content of rivers, flow features of channel processes. Degradation of clay soils depends on their structural and textural features, dispersion. The washing-away speeds in soils with the undisturbed composition by 3-6 times higher than under the disturbed composition. Degradation resistance increases at the dominance of particles 0.001-0.05 mm and also at porosity decrease. Erosion resistance of water-saturated soils is higher, than air-dried as water saturated soils absorb less water in themselves. Washing away of the clay soil from the zone penetrated by roots should be more slowly than sand washing away. The proposed assessment banks stability of rivers is ecologically safe. It corresponds to the natural process of restoration of degraded lands.

Slope, trees and shrubs, soils, roots, degradation, soils, stickiness, specific cohesion.

Reference

1. **Smirnov A.I.** Ploshchadnaya eroziya rek na territorii Respubliki Bashkortostan // Geologicheskyy sbornik № 10: Informatsionnye materialy / IG UNTS RAN. – Ufa: Dizain Press, 2013 – S. 57-59.

2. **Sobol N.V.** Razvitiye erzionnykh protsessov v izmenyayushikhsya climaticheskikh usloviyakh yuzhno-uraljskogo regiona: Dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni candidate biologicheskikh nauk. – Ufa, 2016 – S. 4.

3. Lesnoj plan Respubliki Bashkortostan. Kn. 1: Poyasnitel'naya zapiska. – Ufa: Roslesinforg, 2015. – S. 28.

4. **Ryzhkov I.B., Arslanov A.A., Mustafin R.F.** O kolichestvennom uchete drevesno-kustarnikovej rastitel'nosti pri raschete ustoychivosti sklonov // Osnovaniya, fundamenty I mehanika gruntov. – 2014. – № 3. – S. 21-25.

5. **Zagitova L.R.** Otsenka antropogennykh izmenenij stoka v bassejne r. Beloj: Dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni candidate geographicheskikh nauk. – Perm, 2004. – 119 s.

6. **Zagitova L.R., Mustafin R.F.** Osobennosti zagryazneniya reki Zigan objektami

neftedobychi // Mezhdovedomstvennyy sbornik materialov, posvyashchennykh Vsemirnomu dnyu vodnykh resursov. – Ufa: RITS BashGU, 2012. – S. 63-66.

7. **Mashchenko A.B., Ponomarev A.B., Sychkina E.N.** Spetsial'nyye razdely mehaniki gruntov I mehaniki skalnykh gruntov. – Perm: Izd. PNIPU, 2014. – 176 s.

8. **Voronkevich S.D.** Osnovy tehnikeskoy melioratsii gruntov: Uchebnik. 2-e izd. – M.: Nauchny mir, 2005. – 504 s.

9. **Mustafin R.F.** Sostoyanie r. Yamanjela v rajone kusta neftedobывayushchih skvazhin // Mezhdovedomstvennyy sbornik materialov, posvyashchennykh Vsemirnomu dnyu vodnykh resursov. – Ufa: RITS BashGU, 2013. – S. 34-36.

10. SP 116-13330-2012 Inzhenernaya zashchita territorij, zdaniy i ssoruzhenij ot opasnykh geologicheskikh protsessov. Osnovnyye polozheniya. Aktualizirovannaya redaktsiya CNIIP 22.02-2003. <http://docs.cntd.ru/document/1200095540>. Data obrashcheniya – 24.10.2016 g.)

11. SP 22.13330.2011. Osnovaniya zdaniy I sooruzhenij. Aktualizirovannaya redaktsiya CNIIP 2.02.01-83* (<http://docs.cntd.ru/>)

document/1200084710. Data obrashcheniya – 24.10.2016 г.).

12. SP 47.13330.2012. Inzhenernaye izyskaniya dlya stroiteljstva. Aktualizirovannaya redaktsiya CNiP 11-02-96. <http://www.lidermsk.ru/documents/236/>. Data obrashcheniya – 24.10.2016 г.).

The material was received at the editorial office
30.05.2016

Information about the authors

Mustafin Radik Flusovich, candidate of agricultural sciences, associate professor,

FSBEI Bashkir state agrarian university, 50-letiya Oktyabrya Str., 34. 450001, Ufa, Russia; e-mail: mustafin-1976@mail.ru

Rahmatullin Zagir Zabirovich, candidate of agricultural sciences, associate professor FSBEI Bashkir state agrarian university, 50-letiya Oktyabrya Str., 34, 450001 Ufa, Russia; e-mail: zagir1983@mail.ru

Rayanova Angelica Ramisovna, graduate student of the chair of environmental engineering, building and hydraulics, Bashkir state agrarian university, 50-letiya Oktyabrya Str., 34, 450001 Ufa, Russia; e-mail: zagir1983@mail.ru

УДК 502/504:630.181

Н.И. ДЕНИСОВ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ботанический сад-институт Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток, Россия

А.П. САРАНЧУК, А.А. СИНИЦА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приморская государственная сельскохозяйственная академия», Институт лесного и лесопаркового хозяйства, г. Уссурийск, Приморский край, Россия

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ СЕВЕРА ПРИМОРСКОГО КРАЯ (ОТВАЛАХ БУРОУГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ)

В статье отражена характеристика процессов формирования растительных сообществ и видового состава растений на отвалах Лучегорского угольного разреза (ЛУР). Исследования осуществлялись в соответствии с методикой, принятой в лесоустройстве. Выявлено, что в первые 5-6 лет (первая стадия формирования растительных сообществ) на отвалах ЛУР образуется несомкнутый растительный покров. Во второй стадии (возраст от 5-6 до 10-12 лет) формируются сложные сообщества (30-50 видов) с зональными признаками. Усложняется их структура, одноярусные ценозы сменяются многоярусными. В лесной и лесостепной зонах формируется древесно-кустарниковая растительность. Уменьшается число рудеральных однолетников. Увеличивается видовое разнообразие многолетников. Пионерные группировки с несомкнутым травостоем сохраняются на вершинах и верхних частях склонов отвалов. На третьей стадии (более 10-12 лет) возрастает экологическая дифференциация видового состава растений, преобладают многолетники. Последняя стадия формируется через 15-20 лет после образования отвалов. На «более сухих» и «переувлажненных» местообитаниях процесс формирования растительных сообществ замедляется. Естественное восстановление растительности на отвалах бурогоугольных месторождений – процесс весьма продолжительный. Формирование примитивных рудеральных фитоценозов на отвалах происходит только через 20-25 лет. Для ускорения процессов формирования продуктивной растительности и повышения плодородия почв на отвалах необходимо проведение биологической рекультивации.

Отвал, угольный разрез, естественное зарастание, травяной покров, рекультивация, территория, пробная площадь, почва.

Введение. Техногенно нарушенные территории (карьеры, отвалы и др.), образовавшиеся в процессе добычи полезных ископаемых (каменного угля и др.), в особенности – открытым способом, наносят значи-

тельный вред окружающей среде, сокращая полезную площадь естественных лесных ценозов и сельскохозяйственных угодий, необходимых для хозяйственной деятельности человека, и отрицательно воздействуя

на экологические условия расположенных вблизи разработок населенных пунктов (городов и других населенных пунктов). Поэтому проблема биологической рекультивации таких земель является весьма актуальной.

На современном этапе исследования процессов естественного восстановления растительности на карьерно-отвальных ландшафтах различных типов определены направления лесной рекультивации для ряда регионов СНГ (Сибирь, европейская часть), в которых учитываются экстремальные условия внешней среды техногенных ландшафтов, разнообразие слагающих их грунтов, биологические особенности древесных растений, рекомендованных для лесокультурных насаждений на отвалах и карьерах различных типов [1]. Для Дальнего Востока, характеризующегося специфическими природно-климатическими условиями (муссонный климат, сложный рельеф, близость океана и др.), основные методы рекультивации были разработаны Б.П. Колесниковым [2]. Впоследствии процессы рекультивации и самозарастания отвалов бурогоугольных месторождений изучались рядом исследователей [3-5], которые особое внимание уделяли вопросам лесной рекультивации и лесообразования на отвалах бурогоугольных месторождений юга Приморского края.

В настоящее время вследствие ряда причин (объективных и субъективных) работы по реставрации техногенно нарушенных территорий на севере Приморья проводятся в недостаточной степени или полностью прекращены. Однако возрастающее с каждым годом антропогенное воздействие на растительный покров приводит к глубоким изменениям и снижению его устойчивости, особенно в техногенных экосистемах. Это обуславливает необходимость продолжения исследований по выявлению закономерностей формирования и развития фитоценозов, изменений видового состава на нарушенных промышленностью территориях, анализу особенностей восстановления растительных группировок на техногенных отвалах, определению их устойчивости к отрицательным факторам окружающей среды, что является важным условием оптимизации растительности нарушенных экосистем.

В связи с этим целью наших исследований являлось изучение процессов самозарастания и формирования видового состава растительного покрова на техногенных

ландшафтах, образующихся при добыче каменного угля открытым способом (на примере Лучегорского угольного разреза; далее – ЛУР).

Материал и методы исследований.

Объектами изучения являлись отвалы ЛУР: растительный покров (травянистые и древесные растения) отвалов, процессы их зарастания растительностью.

При изучении процессов естественного возобновления растительности на отвалах ЛУР выполнялись следующие задачи: 1) маршрутные рекогносцировочные исследования отвалов; 2) определение степени зарастания и динамики естественного возобновления растительности на отвалах.

При маршрутных исследованиях осуществлялась общая геоботаническая оценка территории ЛУР (отвалы: Восточные, Звеносборка, Северные, Южные), выявлялись основные закономерности формирования таксономического состава, строения и распределения растительного покрова.

Краткая характеристика отвалов ЛУР

Восточные отвалы (Во): отсыпные работы завершены в 1986-1994 гг.; проведены рекультивация поверхности, посев многолетних трав, лесопосадки (1990-1994 гг.); горно-технический этап рекультивации включал в себя планировку поверхности с нанесением плодородного слоя; биологический этап рекультивации – посадка саженцев сосны на площади 46 га и облещихи – на площади 15 га (1986 г.), посев многолетних трав с использованием минеральных удобрений и гуминовых кислот (1990 г.), посадка саженцев тополя и клена на площади 15 га.

Звеносборка (Зв): отвалы не отработаны, поверхность рекультивирована частично, состояние поверхности – самозарастание, без планировки, отчасти проведены лесопосадки (ясень).

Северные отвалы (Со): действующие, поверхность рекультивирована частично, произведена посадка сосны на площади 10 га.

Южные отвалы (Юо): наиболее молодые новообразования на территории угольного разреза; имеют слабо восстановившуюся (участками) растительность в связи с частым нарушением земель техникой.

Для изучения процессов зарастания отвалов и характеристики фитоценозов на рекультивированных территориях закладывались пробные площади (размер 10 × 10 м), выбор которых обуславливался наличием самовозобновившихся участков рас-

тельности. Исследования осуществлялись в соответствии с методикой, принятой в лесоустройстве [6].

На первых этапах формирования природно-техногенных комплексов ЛУРа выделяются три основные стадии сингенетических сукцессий.

В первые 5-6 лет образуется мозаичный несомкнутый растительный покров (рис. 1), состоящий из неприхотливых растений с широкой экологической амплитудой и высокой воспроизводительной способностью. Зональные черты при естественном зарастании начинают проявляться уже на 3-4-й годы.



Рис. 1. Отвалы годичной давности (Юо)

В период от 5-6 до 10-12 лет формируются сложные многовидовые сообщества (30-50 видов) с более четко выраженными зональными чертами (рис. 2). Усложняется их структура: одно-, двухъярусные ценозы сменяются многоярусными. В лесной и лесостепной зонах формируются древесно-кустарниковые ценозы. Уменьшается видовой состав рудеральных однолетников, увеличивается разнообразие многолетников. Пионерные группировки с несомкнутым травостоем в течение более продолжительного периода сохраняются на вершинах и верхних частях склонов отвалов.

На третьей стадии (более 10-12 лет) усиливается экологическая дифференциация видовой состава травянистых растений, возрастает численность многолетников. Отчетливо проявляются зональные черты и сезонная динамика развития растительных сообществ.

Особенности развития растительности на отвалах. Изучение растительности дает возможность выявить процессы самозарастания отвалов на различных типах ме-

стообитаний, формирующихся разнообразными условиями увлажнения, инсоляции, элементов, форм мезо- и микрорельефа. Для самозарастания техногенных территорий характерны следующие периоды образования и развития флоры: стадия разреженной пионерной растительности – бурьянистая монодоминантная – бурьянистая полидоминантная – хвощево-разнотравная (попынная) – разнотравно-злаково-кустарничковая – лесо-луговая (рединная). Первая стадия проходит в течение 2-3 лет, вторая – в течение 3-4 лет, третья – в течение 3-5 лет. Последняя стадия формируется через 15-17 лет после отсыпки пород, причем на более «сухих» и «переувлажненных» местообитаниях этот процесс замедляется.

Сопоставление флористических списков растений, произрастающих на отвалах буровых разработок первой и третьей стадий сингенетических сукцессий, показало динамику растительного покрова: постоянство одних видов, исчезновение других и появление новых, характерных для более устойчивых ценозов естественных местообитаний.



Рис. 2. Разнотравно-полынная ассоциация растительности

Некоторые из доминантов первой стадии (хвощ, горец, щирца), оставшиеся к третьей стадии без изменения или частично утратившие господствующее положение, остаются постоянными компонентами в большинстве сообществ, иногда – в меньшем количественном составе.

При проведении биоэкологического анализа указанных видов становится очевидным, что значительно уменьшаются в численности или полностью исчезают типичные рудеральные однолетники и двулетники. Эти растения первыми заселяют обнаженные пространства вследствие неприхотливости и большой воспроизводительной способности, образуя пионерные группировки. В дальнейшем, по мере формирования биоценотической среды, они вытесняются более активными средообразующими видами. Увеличивается роль многолетних корневищных и корнеотпрысковых растений, а также растений с глубоко проникающей корневой системой, что позволяет использовать влагу глубинных, менее пересыхающих слоев почвы. В результате основная часть не подвергнутых планировке (выравниванию) отвалов через 12-15 лет после отсыпки оказывается занятой сообществами с преобладанием многолетних растений, характеризующихся высокой интенсивностью семенного или вегетативного размножения.

На ряде участков развивается луговая сорная растительность, т.е. происходит «олугование» некоторых вначале чисто рудеральных сообществ, что подтверждает-

ся увеличивающейся ролью луговых злаков и представителей семейства бобовых. Этот процесс происходит главным образом в нижних частях склонов северных экспозиций и основаниях ложбин между отвалами, в которых процесс зарастания из-за лучших условий увлажнения является более интенсивным.

Значительно интенсивнее подобное «олугование» проходит на спланированных отвалах без нанесения почвенного слоя. Уже через 2-3 года после выравнивания отвалы с преобладанием песчаного грунта покрываются травянистой растительностью с доминированием представителей семейства бобовых (лядвенец, люцерна), образующих куртины до 1,0-1,5 м в диаметре. На отдельных участках сплошной покров образуют вейник Лангсдорфа, хвощ полевой, горец, достигающие в наиболее благоприятные по увлажнению годы высоты 1,5-2,0 м, с проективным покрытием 90-100% (табл.).

В зависимости от экспозиции склонов наблюдается дифференциация растительного покрова по флористическому составу и степени проективного покрытия. Происходит смена фитоценозов, обусловленная варьированием видового состава растений, приспособленных к данным условиям, и изменениями среды, вызванными влиянием конкурирующих растений. Весьма интенсивно увеличение мощности травостоя происходит на склонах северных экспозиций, что связано с лучшим увлажнением почвы. Этот экологический

фактор в условиях отвалов играет весьма значительную роль. Проективное покрытие на северных склонах возрастает с 40-50 до 80-90%. Одноярусные ценозы сменяются двух- и трехъярусными.

Растительность отвалов. В настоящее время растительность Восточных и Северных отвалов представлена в основном естественно возобновляющейся луговой, лесо-луговой, лесной на поздних стадиях сукцессии и не сформировавшимися молодыми (пионерными), образованными поли-

и монодоминантными ассоциациями сорной растительности. По ботаническому составу эта растительность в весьма значительной степени отличается от естественной флоры, ранее доминирующей на месте отвалов. На современной стадии развития она выполняет важные биогеоценотические функции естественных ассоциаций, в том числе и почвоохранные. Поэтому сохранение растительного покрова на отвалах является первоочередной задачей природоохранных мероприятий.

Таблица

Количество видов травянистой и древесной растительности на отвалах ЛУР различной давности проведения рекультивационных мероприятий

Название отвалов	Год завершения рекультивационных работ	Количество видов		Высота*, м		Проективное покрытие, %
		Травянистая растительность	Древесная растительность	min	max	
Звеносборка (Зв) (пп № 1, 2, 3)	1986	17	6	0,2	1,4	100
	1989	13	5	0,2	1,5	100
	1994	12	5	0,25	0,7	60
Восточные отвалы (Во) (пп. № 4, 5, 7)	1994	11	4	0,3	1,5	100
	1989	15	1	0,6	2	100
	1999	8	-	1,5	0,2	100
Северные отвалы (Со) (пп № 8, 9, 13)	1989	14	4	0,2	2,1	100
	1994	10	2	0,15	1,2	70
	1999	6	2	0,15	1,5	60
Южные отвалы (Юо) (пп. № 10, 11, 12)	1994	11	-	0,6	1,6	100
	1999	9	3	0,4	1,6	100
	2003	5	-	0,15	1,5	30

На Восточных отвалах в период биологической стадии рекультивации были осуществлены посадки лесных культур (сосна, дуб, береза, тополь), которые успешно произрастают здесь и в настоящее время. Луговая же растительность («сеяные луга»), образовавшаяся на этом месте в результате посева семян, выродилась даже при нанесении (покрытии) на рекультивированную территорию плодородного гумусосодержащего слоя. На участках, где вносились бактериальные удобрения, «сеяные луга» представляют собой весьма деградированные сообщества, в которых выпали травянистые растения почти всех внедряемых видов (клевер розовый, тимopheевка, овсяница).

Особенностью техногенных ландшафтов Северных отвалов считается сформировавшийся однородный состав почвенного покрова, эволюционный ряд которого пред-

ставлен следующими типами эмбриоземов: инициальным – органо-аккумулятивным – дерновым – гумусо-аккумулятивным. Эмбриоземы, будучи молодыми биогенными почвенными образованиями, являются сингенетическим отображением стадии сукцессии фитоценоза от пионерных до сложных замкнутых сообществ. Эмбриоземы имеют различную мощность – от 1-2 (в инициальных) до 25-30 см (в дерновых, гумусо-аккумулятивных) и слабую степень морфологической дифференциации минеральной части почвенного профиля. Различаются они, главным образом, по морфологии и генезису биогенных горизонтов, в частности, органо-генных. Если в инициальных эмбриоземах образование горизонта А находится в слабой степени развития, то в дерновых и гумусо-аккумулятивных горизонты (слои почвы) А и АВ четко дифференцированы. В пост-

техногенную стадию завершается формирование почвенного покрова, материнскими породами которых являются отвалы. В конечном результате образуется генетический профиль и органогенные горизонты (плодородный и потенциально-плодородный слои) мощностью до 30 см. Техногенный ландшафт постепенно трансформируется в естественный (природный). Каркасная основа Северных отвалов благоприятна для развития высших растений, а биоклиматические условия по всем показателям не отличаются от зональных.

Нами отмечено, что при длительном процессе «задернения» отвалов более интенсивно происходит зарастание склонов северных, северо-восточных и северо-западных экспозиций, возникает различие во флористическом составе, степени доминирования отдельных видов. Анализ растительности пробных площадей на ЛУР показал весьма значимые результаты. Так, на Восточных отвалах произрастают травянистые растения 34 видов, Звеносборке – 26 видов, Северных отвалах – 8 видов, Южных отвалах – 13 видов, а общий список включает в себя 57 видов. Наибольшее распространение на отвалах угольного разреза имеют полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.) (на всех отвалах – Во, Зв, Юо, Со); в значительной степени распространены вейник Лангсдорфа (*Calamagrostis langsdorffii*) (Link) Trin.) – Во, Зв, Юо; осот полевой (*Sonchus arvensis* L.) – Во, Юо, Со; в меньшей степени – вика мышиная (*Vicia cracca* L.) – Во, Зв; горчак корейский (*Picris koreana* (Kitam.) Worosch.) – Во, Зв; полынь Гмелина (*Artemisia gmelinii* Web.) – Во, Юо; соя уссурийская (*Glycine ussuriensis* Regel et Maack) – Во, Со; тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.) – Во, Зв.

Относительно развития корневой системы травянистых растений нами выявлены следующие особенности (закономерности). В посевах многолетних травосмесей на отвалах буроугольных разработок в верхнем 10-сантиметровом слое отмечается максимальное развитие корневой системы растений (общая глубина их формирования – до 60 см); при естественном зарастании отвалов, отсутствии или ослаблении конкуренции растений корни интенсивно ветвятся в верхнем 20-сантиметровом слое, проникая на глубину до 80 см. При этом распространение корней в горизонтальном

направлении превышает проекцию надземной части растения на 20-25%.

На большинстве участков ЛУР в конце 1-й – начале 2-й стадий сингенетических сукцессий начинается естественное лесовозобновление, за 15 лет образуются сомкнутые лесные участки (лесонасаждения) из березы плосколистной, тополя дрожащего, ивы козьей. Это пионерные породы, которые неприхотливы к почвенным условиям и первыми поселяются на техногенно нарушенных территориях. Наибольшее распространение (все отвалы ЛУР – Во, Зв, Юо, Со) на отвалах угольного разреза имеют тополь дрожащий (*Populus tremula* L.), береза плосколистная (*Betula platyphylla* Sukacz.) и клен приречный (*Acer ginnala* Maxim.); в значительной степени (на трех отвалах) распространены тополь корейский (*Populus koreana* Rehd.) – Во, Зв, Юо; береза даурская (*Betula davurica* Pall.) – Во, Зв, Со; ива козья (*Salix caprea* L.) – Во, Зв, Со; ива Шверина (*Salix schwerinii* E. Wolf) – Во, Зв, Со; ольха волосистая (*Alnus hirsuta* (Spach) Turcz. ex Rupr.) – Во, Зв, Юо; шиповник даурский (*Rosa davurica* Pall.) – Во, Юо, Со; в меньшей степени – дуб монгольский (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.) – Во, Юо; ясень маньчжурский (*Fraxinus mandshurica* Rupr.) – Зв, Юо; леспедеца двуцветная (*Lespedeza bicolor* Turcz.) – Зв, Юо; спирея иволистная (*Spirea salicifolia* L.) – Во, Юо.

Закключение. Таким образом, процесс зарастания отвалов обусловлен регулирующим действием комплекса биотических и абиотических факторов (режим увлажнения, температурные условия и т.п.). Степень их воздействия обусловлена сложным техногенным рельефом, что является причиной изменения характеристики растений (высота, степень проективного покрытия, фитомасса и т.д.) в различных звеньях экологического ряда. Наиболее благоприятными местообитаниями для заселения и развития растений являются понижения в рельефе. Растительность ложбин и понижений, занимающая на отвалах более молодого возраста небольшую площадь, в следующей возрастной категории становится доминирующей. Распространение древесных растений происходит также от мелких ложбин и понижений к склонам и вершинам, часто – за счет порослевого возобновления.

На отвалах буроугольных разработок, не подвергнутых планировке, процессы естественного восстановления растительности направлены от несомкнутых группиро-

вок к фитоценозам с постоянно усложняющимся флористическим составом и структурой. Первоначально возникающий временный ценоз, относящийся к пионерной группировке со случайным набором видов, к 20-летнему возрасту превращается в сложный лесной фитоценоз.

Выводы

1. В первые 5-6 лет на отвалах ЛУР образуется мозаичный несомкнутый растительный покров, состоящий из растений с широкой экологической адаптационной и высокой воспроизводительной способностью. Зональные черты растительного покрова при естественном зарастании отвалов начинают проявляться на 3-4-й годы после завершения вскрышных работ.

Во второй стадии (возраст от 5-6 до 10-12 лет) формируются сложные многовидовые сообщества (30-50 видов) с более четко выраженными зональными чертами. Усложняется структура: одно-, двухъярусные ценозы сменяются многоярусными. В лесной и лесостепной зонах формируются древесно-кустарниковые ценозы. Уменьшается число рудеральных однолетников, увеличивается обилие многолетников. Пионерные группировки с несомкнутым травостоем дольше сохраняются на вершинах и верхних частях склонов отвалов.

На третьей стадии (более 10-12 лет) усиливается экологическая дифференциация видового состава растений, преобладают многолетники. Отчетливо проявляются зональные черты растительности и ее сезонная динамика.

На отвалах бурогольных разработок первой и третьей стадий сингенетических сукцессий выявлено постоянство одних видов, почти полное исчезновение других и появление новых, характерных для более устойчивых ценозов естественных местообитаний. Кроме травянистой растительности, на отвалах более позднего периода появляются обширные сообщества древесных пород, которые на новых территориях находятся в удовлетворительном состоянии.

2. Самозарастание техногенных территорий представляется следующим образом: стадия разряженной пионерной растительности – бурьянистая монодоминантная – бурьянистая полидоминантная – хвощево-разнотравная (попынная) – разнотравно-злаково-кустарничковая – лесо-луговая (рединная). Первая стадия проходит в течение

2-3 лет, вторая – в течение 3-4 лет, третья – в течение 4 (3-5) лет. Последняя стадия формируется через 15-20 лет после отсыпки пород. На «более сухих» и «переувлажненных» местообитаниях этот процесс замедляется.

3. Формирование растительного покрова на отвалах происходит медленными темпами в связи с неблагоприятными водно-физическими и химическими свойствами горных пород.

4. Ускорению процессов зарастания отвалов, формированию продуктивной растительности и повышению плодородия почв на них в значительной мере способствуют рекультивационные мероприятия. На горно-техническом этапе рекультивации целесообразно (необходимо) проводить планировку поверхности отвалов с нанесением (восстановлением) плодородного гумусоудерживающего слоя. На биологическом этапе рекультивации следует выполнять обширный комплекс агротехнических мероприятий, способствующих увеличению интенсивности процессов зарастания зоны отвалов растительностью (травянистой и древесной): посев многолетних трав с использованием минеральных удобрений и биостимуляторов, посадка саженцев древесных растений местной и инорайонной (интродуцированной) флоры (сосна, тополь, клен и др.).

Библиографический список

1. Горлов Д.В. Рекультивация земель на карьерах. – М.: Недра, 1981. – 260 с.
2. Колесников Б.П. Лесорастительное районирование Дальнего Востока и вопросы лесовосстановления и создания лесов защитного значения // Вопросы развития лесного хозяйства и лесной промышленности Дальнего Востока. – Л.: Изд-во АН СССР, 1955. – С. 46-69.
3. Гусаченко А.Ю. Экореставрация угольных карьеров юга ДВ // Вестник ДВО РАН. – 1992. – № 1-2 (41-42). – С. 32-44.
4. Гусаченко А.Ю., Саболдашев С.А. Некоторые вопросы лесной рекультивации открытых угольных разработок в Приморском крае // Некоторые аспекты рекреационных исследований и зеленого строительства. – Владивосток: Изд-во АН СССР, 1989. – С. 53-65.
5. Двужильный В.В. Зарастание антропогенных ландшафтов на руднике Верхнем в Дальнегорском районе // Проблемы устойчивого развития регионов в 21 веке. – Биробиджан, 2002. – С. 154-155.

6. **Анучин Н.П.** Лесная таксация. – М.: Лесная промышленность, 1982. – 548 с.

7. **Воробьев Д.П., Ворошилов В.Н., Горовой П.Г., Шретер А.И.** Определитель растений Приморья и Приамурья. – М. – Л., 1996. – 490 с.

8. **Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н.** Древесные растения Азиатской России. – Новосибирск: Изд-во СО РАН; филиал «Гео», 2002. – 707 с.

Материал поступил в редакцию 14.09.2016 г.

Сведения об авторах

Денисов Николай Иванович, доктор биологических наук, профессор, главный науч-

ный сотрудник лаборатории интродукции древесных растений; ФГБУН БСИ ДВО РАН; Россия, 690024, г. Владивосток, ул. Маковского, 142; e-mail: denisov56@list.ru, тел.: 9046270338

Саранчук Анастасия Петровна, старший преподаватель кафедры лесных культур; ФГБОУ ВО «Приморская ГСХА», Институт лесного и лесопаркового хозяйства; Россия, 692510, Приморский край, г. Уссурийск, пр. Блюхера, 44; e-mail: saranchouk_a@mail.ru; тел.: 89146679189

Синица Александр Александрович, студент; ФГБОУ ВО «Приморская ГСХА», Институт лесного и лесопаркового хозяйства; Россия, 692510, Приморский край, г. Уссурийск, пр. Блюхера, 44

N.I. DENISOV

Federal state budgetary institution of science Botanical garden – institute of the Far East branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

A.P. SARANCHUK, A.A. SINITSA

Federal state budgetary institution educational institution of higher education «Primorskaya state agricultural academy», Institute of forest and woodland economy, Ussurijsk, Primorye territory, Russia

REVEGETATION OF THE PLANT COVER ON TECHNOGENIC LANDSCAPES OF THE NORTH OF PRIMORIE TERRITORY (DUMPS OF BROWN-COAL FIELDS)

In the article processes of formation of plant communities and specific structure of plants on dumps of the Luchegorsky Coal Mine (LCM) are characterized. Investigations were carried out in accordance with the methodology adopted in forest management. It is revealed that in the first 5-6 years (the first stage of forming plant communities) on LCM dumps open plant cover generates. In the second stage (age from 5-6 to 10-12 years) complex communities (30-50 types) with zonal signs are created. Their structure becomes complicated, one-tier cenosis are replaced by many-tier ones. In the forest and forest-steppe zones wood – vegetation forms. The number of ruderal annuals decreases. A specific variety of perennials increases. Pioneering classifications with open herbage remain on the tops and upper parts of dumps slopes. At the third stage (more than 10-12 years) ecological differentiation of specific structure of plants increases, perennials dominate. The last stage is formed in 15-20 years after formation of dumps. On «drier» and the «over humidified» habitats the forming process of plant communities slows down. The natural revegetation on the dumps of brown coal deposits is a very long process. Formation of primitive ruderal phytocenoses on dumps goes on only in 20-25 years. To speed up the process of formation of the productive vegetation and increase soil fertility on dumps it is necessary to carry out biological recultivation.

Dump, coal mine, natural overgrowing, grass cover, recultivation, territory, trial plot, soil.

References

1. **Gorlov D.V.** Reculktivatsiya zemelj na karjerah. – М.: Nedra, 1981. – 260 s.

2. **Kolesnikov B.P.** Lesorastitel'noye rajonirovanie Dal'nego Voctoka I voprosy lesovosstanovleniya I sozdaniya lesov zashchitnogo znacheniya // Voprosy razvitiya lesnogo hpzyajstva I lesnoj promyshlennosti Dal'nego Voctoka. – L.: Izd-vo AN SSSR, 1955. – S. 46-69.

3. **Gusachenko A. Yu.** Ecorestavratsiya ugolnyh karjerov yuga DV // Vestnik DVO RAN. – 1992. – № 1-2 (41-42). – S. 32-44

4. **Gusachenko A. Yu., Saboldashev S.A.** Nekotorye voprosy lesnoj reculktivatsii otkrytyh ugolnyh razrabotok v Primorskom // Nekotorye aspekty recreatsionnyh issledovanij i zelenogo stroiteljstva. – Vladivostok: Izd-vo AN SSSR, 1989. – S. 53-65.

5. **Dvuzhilny V.V.** Zarastanie antropogennyh landshaftov na rudnike Verhnem v Daljnegorskom rajone // Problemy ustojchivogo razvitiya regionov v 21 veke. – Birobidzhan, 2002. – S. 154-155. 6. **Anuchin N.P.** Lesnaya taksatsiya. – M.: Lesnaya promyshlennostj, 1982. – 548 s.

7. **Vorobyev D.P., Voroshilov V.N., Gorovoy P.G., Schroeter A.I.** Opredelitelj rastenij Promoria i Priamurja. – M. – L., 1996. – 490 s.

8. **Koropachinskij I. Yu., Vstovskaja T.N.** Drevesnye rastenija Aziatskoj Rossii. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN; filial «GeoGeo», 2002. – 707 s.

The material was received at the editorial office
14.09.2016

Information about the authors

Denisov Nikolay Ivanovich, Doctor of biological sciences, professor, chief researcher of the laboratory of woody plants introduction I; FSBIS BGI FEB RAS; Russia, 690024, Vladivostok, Makovsky st., 142; e-mail: denisov56@list.ru; tel.: +79046270338

Saranchuk Anastasia Petrovna, senior lecturer of the chair of forest cultures; FGBEI HE «Primorye State Agricultural Academy», Institute of Forestry and woodland park forestry; Russia, 692510, Primorsky Krai, Ussuriysk, Blucher etc., 44; e-mail: saranchoyk_a@mail.ru, tel. 89146679189

Sinitsa Aleksandr Aleksandrovich, student; FGBEI IN «Primorye State Agricultural Academy», Institute of Forestry and woodland park forestry, Russia, 692510, Primorsky Krai, Ussuriysk, Blucher etc., 44

СПИСОК СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В 2016 ГОДУ

Александр Иванovich Голованову 80 лет № 3, стр. 6
 К 50-летию масштабной программы «О широком развитии мелнорации земель» № 4, стр. 42

Автор и название статьи	Вып.	Стр.
05.23.00 Строительство и архитектура		
Аверьянов В.Н., Борткевич В.С. О способах снижения порового давления в глинистых ядрах каменно-земляных плотин	3	8
Али М.С., Бегляров Д.С., Лентаева Е.А., Апресян Д.Ш. Особенности переходных процессов в насосных станциях с водовыпусками сифонного типа	3	16
Анахаев К.Н. Гидромеханический расчет воронки выброса при импульсном воздействии на поверхность грунта	5	40
Батчаев И.И., Чигирова Л.Б., Анаев М.Т. Селевой поток в Безенгийском ущелье.....	4	38
Банщикова Л.С., Банщиков А.А., Соболев М.В., Хвалев С.В. Ледовый режим рек Пестовского района Новгородской области	3	20
Баутдинов Д.Т., Атабиев У.И. Напряженное состояние трансверсально-изотропного скального грунта вблизи напорного гидротехнического туннеля круговой формы сечения	2	10
Баутдинов Д.Т., Атабиев У.И. Напряженное состояние трансверсально-изотропного скального грунта вблизи напорного гидротехнического туннеля прямоугольной формы сечения	4	16
Бурлаченко А.В. Повышение надежности инновационных конструкций водопропускных труб.....	4	6
Гуруев М.А., Амаева М.М. Исследование современных тенденций морфодинамических характеристик пойменно-русловых комплексов дельты реки Самур	3	26
Гурьев А.П., Беглярова Э.С., Дмитриева А.В., Соколова С.А., Хайруллин Р.А. Исследование сопрягающего колена шахтного водосброса при безнапорном режиме работы	1	6
Гурьев А.П., Ханов Н.В., Мезенцева Н.А. Анализ применения водосбросных сооружений гидроузлов, работающих при наличии глубокого вакуума	1	12
Евграфов А.В., Евграфова И.М. Мероприятия по охране поверхностных и подземных вод от загрязнения и истощения при золотодобыче закрытым способом	2	15
Жарницкий В.Я., Андреев Е.В. Грунтовые плотины как объект динамической системы	1	16
Жарницкий В. Я., Андреев Е.В., Баюк О.А. Многофакторное моделирование прогноза оценки надежности гидротехнических сооружений с использованием массива статистических данных.....	3	32
Жарницкий В.Я., Андреев Е.В., Баюк О.А. Моделирование оценки остаточного эксплуатационного ресурса гидротехнических сооружений в среднесрочной перспективе	5	6
Ионов Д.Н., Грицук И.И. Исследование транспорта наносов как результата деформации берегового склона, включающего в себя мерзлый грунт, на лабораторной модели.....	4	32
Карамбиров С.Н., Уманский П.М. Кластерный анализ участков водопроводной сети.....	1	23
Касьянов А.Е. Расчет дренажа линейных гидротехнических сооружений	4	12
Клёпов В.И., Рагулина И.В. Гидрологическое обоснование формирования искусственного попуска воды в бассейне реки Москвы.....	5	13
Клёпов В.И., Рагулина И.В. Соотношение составляющих водохозяйственного баланса в бассейне реки Москвы.....	3	39
Кловский А.В., Козлов Д.В. Рекомендации по устройству и эксплуатации донных циркуляционных порогов в условиях бесплотинного забора воды из малых горных рек III группы.....	1	38
Козлов Д.В., Крутов Д.А. Исследования напряженно-деформированного состояния бетонного массива для обоснования несущей способности анкера	2	6
Козлов Д.В., Матвеев Ф.В. Современные аспекты государственного регулирования безопасности гидротехнических сооружений	3	45
Кременской В.И., Вердыш М.В. Сточные воды как перспективный ресурс повышения водообеспеченности республики Крым	5	72
Ксенофонтова Т.К., Журавлева А.Г., Сюй Чуньцзян Эффективность использования консольных и контрфорсных подпорных стен направляющих и причальных сооружений шлюзов на основе расхода материалов	5	19
Марголин А.М., Марголина Е.В. Особенности оценки эколого-экономической эффективности инвестиционных проектов	3	57
Масликова О.Я. Экспериментальное исследование интенсивности снеготаяния на лабораторной модели	1	28
Микерего Эммануэль Оценка влияния кирпичных стен из местных материалов заполнения на перемещения монолитных каркасных зданий Республики Бурунди	3	79

Мустафин Р.Ф., Абдрахманов Р.Ф., Батанов Б.Н. Роль водоемов Башкирского Зауралья и их использование в отраслях производственной сферы	3	51
Паливец М.С. К вопросу экспериментального определения гидравлического коэффициента трения в напорных водоводах квадратного сечения	4	20
Прошляков И.В., Исмаилов Г.Х. К теории формирования максимального дождевого склонового стока	2	21
Раткович Л.Д., Маркин В.Н., Глазунова И.В., Соколова С.А. Факторы влияния диффузного загрязнения на водные объекты	3	64
Савков И.М., Захаров С.Л. Метод подготовки воды при помощи ультра- и микрофильтрации	4	26
Силкин А.М., Жарницкая Н.Ф. Особенности деформируемости и прочности торфов	2	37
Снежко В.Л., Гайсин А.А., Бенин Д.М. Ресурсосберегающие водопропускные сооружения для оросительных каналов	5	26
Фартуков В.А., Земляникова М.В. Инновационная система гидродинамических исследований водного потока	3	75
Ханов Н.В., Бурлаченко А.В. Гидравлические аспекты обеспечения надежной и безопасной работы трубчатых водопропускных сооружений из гофрированного металла	5	32
Черных О.Н., Алтуниев В.И., Бурлаченко А.В. Повышение эффективности гидравлической работы дорожных водопропускных труб	2	42
Чистякова А.В., Орлов В.А., Чухин В.А. Диагностика технического состояния металлических трубопроводов	2	48
Шестопалова З.О., Евграфов А.В., Евграфова И.М. Проблемы проектирования и организации санитарно-защитной зоны аэропортов	1	34
06.01.00 Агрономия		
Алексеев В.В. Исследование профилей увлажнения почвы с уплотненным слоем при дождевании и поверхностном поливе	4	92
Бородычев В.В., Дедова Э.Б., Сухарев Ю.И. Ресурсно-экологическая оценка рисовых агроландшафтов Сарпинской низменности	2	55
Бровченко М.И. А.В. Чайнов о мелиорации и водном хозяйстве	5	61
Брыль С.В., Зверьков М.С. Вертикальное эффективное давление удара капли о почву	2	62
Васильев С.А. Методика проектирования компенсационных мелиоративных мероприятий с применением гидродинамической характеристики водного потока на склоновом агроландшафте	3	84
Васильев С.А. Особенности применения противоэрозионных мелиоративных мероприятий на различных по форме склоновых агроландшафтах	4	86
Голованов А.И., Кучер Д.Е., Шуравилин А.В. Обоснование математической модели капельного увлажнения сада в условиях Подмосковья	1	44
Голованов А.И., Максимов С.А. Применение теории биогеохимических барьеров при мелиорации и рекультивации земель	4	68
Головинов Е.Э., Аминев Д.А., Бакштанин А.М., Захаров А.В. Отечественный агрономитер для контроля работы сельскохозяйственной техники	1	52
Дадашова Хумарханум Дадаш кызы Ландшафтно-экологические основы формирования урбанизационных зон в Азербайджане и особенности их динамического развития (на примере городов Гянджа и Мингечевир)	2	68
Дедова Э.Б., Белопухов С.Л., Даваев А.В. Продуктивность и качество сорго сахарного в смешанных посевах при орошении в условиях Калмыкии	5	67
Добрачев Ю.П., Соколов А.Л. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности	3	90
Домашенко Ю.Е., Васильев С.М. Исследования по оптимизации коагуляционной обработки животноводческих стоков с применением оксихлоридного коагулянта для целей орошения	2	76
Ерицян Г.С., Евграфов В.А. Графическое определение потребной эффективности вспомогательных тормозных систем автотракторных транспортных средств	4	96
Ерицян Г.С., Торосян М.С. О расходе топлива автомобилей в зависимости от факторов горных условий эксплуатации	5	92
Желязко В.И., Лагун Т.Д., Лихацевич А.П. Развитие сельскохозяйственной гидромелиорации в Беларуси (образование, наука, практика)	4	75
Карпенко Н.П. Основные пути повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения	3	96
Карпенко Н.П., Юрченко И.Ф. Классификация мероприятий безопасной эксплуатации мелиоративных систем	1	58
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)	4	58
Ковалев Н.Г., Полозова В.Г., Пушкина Л.В. Научное обеспечение адаптивной интенсификации сельскохозяйственного использования мелиорированных земель в нечерноземной зоне России	4	44

Краснощеков В.Н., Ольгаренко Д.Г. Модернизация мелиоративных систем как главный фактор обеспечения продовольственной и экологической безопасности страны.....	4	51
Краснощеков В.Н., Ольгаренко Д.Г. Развитие системы показателей оценки эффективности использования сельскохозяйственных земель.....	1	63
Кушер А.М. Гидрометрические лотки для оросительных каналов	5	78
Лавренко С.О., Максимов М.В. Влияние технологических приемов выращивания чечевицы на фотосинтетическую деятельность в различных условиях увлажнения	3	80
Леонтьев Ю.П., Макаров А.А. Оценка сопротивления рыхлению и однородности фракций грунта для рыхлителя с дополнительным оборудованием	2	82
Максименко В.П., Стрельбицкая Е.Б., Соломина А.П., Айриян Н.В. Возможности реализации рециклинга на осушительно-увлажнительных системах гумидной зоны.....	2	87
Максимов С.А. Управление вертикальным гидрофизическим барьером при создании целевых искусственных почвенных конструкций	5	53
Марголина Е.В. Экономические механизмы стимулирования уменьшения сбросов загрязненных сточных вод	2	95
Михеев П.А., Иванова Н.А. Научное обоснование режимов орошения основных сельскохозяйственных культур современной дождевальной техникой в условиях юга России.....	5	47
Насонов А.Н., Никифоров А.В., Цветков И.В. Фрактальное моделирование динамики экологических состояний Строгинской поймы реки Москвы на основе статистических данных гидрохимических показателей.....	1	69
Петелько А.И., Барабанов А.Т. Показатели стока талых вод за 1959-2008 годы	1	78
Романев Н.А., Варьвдин В.В., Безик Д.А. Расчет напряженного состояния опоры норин методом автоматизированного проектирования машин	5	86
Семенова К.С. Обоснование объема противопожарной водоподачи при шлюзовании торфяников.....	1	84
Цыгуткин А.С., Блишников В.Д., Кауфман А.Л., Рекус, И.Г., Белоухов С.Л. Об оптимальном значении кислотности раствора при прорастании семян белого люпина (<i>Lupinus albus L.</i>)	1	91
Шабанов В.В., Солошенко А.Д. Дифференциация типов увлажнения и типов водного питания почв по катене.....	1	97
Шабанов В.В., Солошенко А.Д. Дифференциация типов увлажнения по катене для рационального размещения сельскохозяйственных культур и планирования мелиоративных воздействий	3	104
Шуравили А.В., Поддубский А.А., Сурикова Н.В. Прогноз продуктивных запасов влаги в почве и относительной урожайности картофеля для условий города Москвы и пригорода	3	110
06.03.00 Лесное хозяйство		
Денисов Н.И., Саранчук А.П., Синица А.А. Восстановление растительного покрова на техногенных ландшафтах севера Приморского края (отвалах бурогольных месторождений)	5	114
Евграфов А.В. Повышение пожарной устойчивости торфа с использованием специальной техники.....	2	102
Касьянов А.Е. Экологически безопасная технология защиты леса от вредителей на осушаемых землях	2	107
Ковязин В.Ф., Хонг Ханг До Лесоводственно-дендрологические характеристики древесных растений в памятнике природы «Дудергофские высоты»	5	102
Мустафин Р.Ф., Рахматуллин З.З., Райнова А.Р. Древесно-кустарниковая растительность при оценке устойчивости берегов рек.....	5	108
Слесарев М.Ю., Евграфов А.В. Система профилактики торфяников от возгорания.....	1	102
Тимерьянов А.Ш., Рахматуллин З.З. Защитные лесные полосы на орошаемых землях республики Башкортостан	5	96
Шевелина И.В., Метелев Д.В., Нагимов З.Я. Ретроспективный анализ рекреационного потенциала насаждений лесопарков города Екатеринбурга.....	4	104
Шевлякова М.И. К истории создания объектов ландшафтной архитектуры поселка Ильинский (Пермский край)	3	118
Шевлякова М.И., Луганская С.Н. К вопросу о реставрации природного музея-заповедника «Парк Монрепо»	1	106
06.04.00 Рыбное хозяйство		
Власов В.А. Влияние астатичного температурного режима воды на рост сибирского осетра	2	110
Власов В.А., Маслова Н.И. Характеристика потомства, полученного от скрещивания карпов анишской и чувашской пород	1	112
Жигин А.В., Терентьев П.В. Выбор водоема для организации рыбоводно-рыболовного рекреационного хозяйства.....	3	123
Жигин А.В., Дементьев Д.В. Очистка морской воды водорослями при содержании рыб в циркуляционной установке	4	110

ПЕРЕЧЕНЬ ТРЕБОВАНИЙ И УСЛОВИЙ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ

Общие требования

К изданию принимается ранее не опубликованное автором произведение – научная статья, практическая или обзорная статья, научная рецензия и отзыв в следующие рубрики журнала:

- 05.23.00 Строительство и архитектура;
- 06.01.00 Агрономия;
- 06.03.00 Лесное хозяйство;
- 06.04.00 Рыбное хозяйство.

Разделы журнала соответствуют **Номенклатуре специальностей научных работников**, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25.02.2009 № 59 (в ред. Приказов Минобрнауки РФ от 11.08.2009 № 294, от 10.01.2012 № 5), и **Паспортам научных специальностей**, разработанных экспертными советами ВАК Минобрнауки России.

В редакцию журнала статья подается в **электронном виде** (файл формата Microsoft Word 97-2003). Текст статьи должен быть предварительно отредактирован автором или редактором, даты, формулы, имена и фамилии ученых, авторов литературных источников – выверены. Объем статьи не должен превышать 10–12 страниц. **Материал в статье следует излагать структурировано:**

- **введение;**
- **материал и методы;**
- **результаты и обсуждение;**
- **выводы (заключение);**
- **библиографический список.**

Журнал «Природообустройство» является **рецензируемым**. Все принятые статьи проходят процедуру обязательного рецензирования. Выбор рецензента осуществляет Редакционный совет. **Порядок рецензирования рукописей статей** размещен в сети Интернет по адресу <http://www.timacad.ru/deyatel/izdat/priroda/index.php>. Рецензии хранятся в редакции журнала в течение 5 лет.

Правила оформления

1. Статья должна представлять единый файл Microsoft Word 97-2003. Название файла – прописными буквами по фамилии первого автора.

2. Отступ справа, сверху и снизу – 2 см, слева – 2,5 см. Шрифт Times New Roman, по всей статье интервал – 1,5 пт, шрифт 14. Нумерация страниц – по нижнему краю посередине, первая страница не нумеруется.

3. Вверху страницы ставят номер универсальной десятичной классификации (**УДК**): выравнивание по левому краю, без абзацного отступа.

4. На следующей строке **инициалы и фамилии авторов**: шрифт полужирный, выравнивание по левому краю, без абзацного отступа.

5. Указывается **официальное название места работы, город, страна**: шрифт обычный, выравнивание по левому краю, без абзацного отступа.

6. **Название статьи** в прописном регистре, полужирный, выравнивание по левому краю, без абзацного отступа.

7. **Аннотация** статьи на русском и английском языках: абзацный отступ 1,0 см; шрифт курсивный; выравнивание по ширине; рекомендуемый объем 200...250 слов (не более 2000 символов); необходимо осветить цель исследования, методы, результаты (желательно с приведением количественных данных), четко сформулировать выводы; не допускаются разбиение на абзацы и использование вводных слов и оборотов.

8. **Ключевые слова** на русском и английском языках: абзацный отступ 1,0 см; шрифт курсивный; выравнивание по ширине; рекомендуемый объем от 5 до 10 слов или словосочетаний.

9. **Автоматизированный перевод с помощью программных систем запрещается.**

10. Основной текст статьи должен быть набран шрифтом обычного начертания, абзацный отступ 1,0 см, интервал: перед и после – 0 см.

11. Буквы латинского алфавита – курсивного начертания, буквы греческого и русского алфавитов, индексы и показатели степени, математические символы \lim , \lg , \ln , \sin , \cos , \min , \max и др., числа подобия – прямого начертания.

12. Обратить внимание на различие знаков: дефис «-», минус «-» и тире «-». Диапазон любых значений (...), кроме периода лет (тире).

13. **Набор формул.** Использовать редактор формул Math Type 5.x либо Equation 3.0, шрифт Times New Roman, размер 11 пт, выравнивание по левому краю без абзацного отступа. Для удобства при верстке длина формулы не должна превышать 8 см. Нумеровать только те формулы, на которые есть ссылки в тексте. **Суммарное число формул – не более 10.** Экспликация к формулам набирается шрифтом Times New Roman, размер 14 пт, без абзацного отступа, выравнивание по ширине страницы.

14. **Таблицы и рисунки** помещать за первой ссылкой на них в тексте, после абзаца. Выравнивание таблиц и рисунков по центру. Все таблицы и рисунки должны иметь ссылки с указанием номера (если рисунок и таблица единственные, то номер не указывается).

15. Толщина основных линий в таблицах – 0,25 пт. **Число таблиц** – не более 2. Номер таблицы: шрифт 11 пт, обычный, выравнивание по правому краю, без абзацного отступа. Название таблицы: шрифт 11 пт, полужирный, выравнивание по центру, без абзацного отступа.

16. **Рисунки** выполнять на компьютере в виде отдельного файла: в растровых форматах TIFF, JPG; в векторных форматах CDR, DWG, EPS. Выполнение рисунка средствами Microsoft Word не допускается. Ширина рисунка – не более 8 см, обозначения на рисунке делать шрифтом Times New Roman (9 пт). Рисунки с большим количеством деталей (сложные схемы, графики) размещать на всю ширину страницы (16,5 см). Фотографии выполнять с разрешением не менее 600 dpi. Допускается выполнение графиков и диаграмм в Microsoft Word 97-2003 и StatSoft Statistica 6.0 (и выше). Общее число рисунков (включая буквенное обозначение ее части) – не более 4. Текст подрисуночной подписи набирается шрифтом 14 пт, начертание полужирное, выравнивание по центру или по ширине страницы; экспликация рисунка после знака «:» тем же шрифтом, начертание обычное.

17. **Обозначения, термины и иллюстративный материал** привести в соответствие с действующими государственными стандартами.

18. Статья должна обязательно содержать **вывод(ы)** (заголовок: шрифт 14 пт, начертание

полужирное, выравнивание по центру, без абзацного отступа).

19. **Библиографический список** должен быть составлен в соответствии с последовательностью ссылок в тексте. Ссылки на литературу по тексту помещать в квадратных скобках, в конце предложения перед точкой, оформлять по ГОСТ 7.0.5–2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». От основного текста список отделять пустой строкой с полуторным интервалом (начертание полужирное, выравнивание по центру, без абзацного отступа). Список нумеровать в порядке упоминания в тексте, каждый источник на отдельной строке, абзацный отступ – 0,5 см, выравнивание по ширине страницы, начертание обычное.

20. Все **аббревиатуры** необходимо пояснить – дать полный текст названия документа, организации, вида работ, процесса и др.

21. После библиографического списка на русском языке приводятся краткие сведения об авторах: ФИО, ученая степень (звание), должность, контактный телефон, e-mail (шрифт курсивный, выравнивание по ширине страницы, без абзацного отступа, межстрочный интервал одинарный, ФИО выделяется полужирным курсивом).

Главные критерии при отборе материалов для публикации: соответствие рубрикам журнала, актуальность и уровень общественного интереса к рассматриваемой проблеме, новизна идей, научная и фактическая достоверность представленного материала, четкая формулировка предложенного и наличие выводов.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

При приеме статьи автор подписывает согласие на передачу Редакции периодического издания «Природообустройство» (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева) прав на издание и распространение статьи без ограничения срока, района распространения журнала и без выплаты вознаграждения.

Для авторов из сторонних организаций обязательно наличие квитанции об оплате годовой подписки на журнал (индекс в каталоге «Пресса России» – 80746).

Прием статей

По вопросам публикации статей обращаться по телефону: 8 (499) 976-36-67.

E-mail: priodamgup@mail.ru

<http://www.timacad.ru/deyatel/izdat/priroda/>

ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО

5' 2016

Ответственный за выпуск – *Н.Я. Филатова*

Редактор – *В.И. Марковская*

Переводчик – *Н.М. Логачева*

Верстальщик – *А.С. Лаврова*

Подписано в печать 27.12.2016
Формат 60×84/8¹/₈
Шрифт SchoolBook
Усл.-печ. л. 16
Бумага офсетная
Печать цифровая
Тираж 750 экз.
Заказ № 701
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: priodamgup@mail.ru

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