

ISSN 2070–4828

МЕЛИОРАЦИЯ

Научный журнал

№ 3 (109)

Основан в 1951 году
Выходит 4 раза в год

Июль – сентябрь 2024



Минск
2024

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь,
свидетельство о регистрации № 411 от 25.05.2009 г.

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА:

Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт мелиорации»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

чл.-корр. НАН Беларуси, д-р техн. наук, проф. **А. П. Лихацевич**

РЕДКОЛЛЕГИЯ:

д-р с.-х. наук **П. Ф. Тиво** (зам. гл. редактора)
акад. РАН, д-р с.-х. наук, проф. **Н. Н. Дубенок**
д-р с.-х. наук, проф. **Ю. А. Мажайский**
д-р техн. наук, проф. **Э. И. Михневич**
д-р с.-х. наук, проф. **Н. Н. Цыбулько**
д-р с.-х. наук, проф. **В. И. Желязко**
канд. техн. наук, доцент **А. С. Анженков**
канд. с.-х. наук, доцент **А. Л. Бирюкович**
канд. техн. наук **Э. Н. Шкутов**

***Журнал «МЕЛИОРАЦИЯ» рецензируется;
включен в перечень научных изданий Республики Беларусь
для опубликования результатов диссертационных исследований.***

***Журнал включен в Перечень научных изданий ВАК Российской Федерации
для опубликования результатов диссертационных исследований
(распоряжение Министерства образования и науки Российской Федерации
от 12 февраля 2019 г. № 21-р) по следующим группам научных специальностей:
4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки),
4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (сельскохозяйственные науки),
4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (технические науки).***

Журнал включен в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Статьи и отдельные выдержки из журнала могут цитироваться при условии указания первоисточника.

Редакция не несет ответственности за возможные неточности по вине авторов.

Мнение редакции может не совпадать с мнением автора. Рукописи не возвращаются.

Фотоматериалы взяты из архива РУП «Институт мелиорации» и предоставлены авторами статей.

Подписные индексы: **74856 — для индивидуальных подписчиков, цена – 22,80 руб.;**

748562 — для предприятий и организаций, цена – 26,40 руб.

Подписку можно оформить во всех отделениях связи.

Редактор, корректор **Т. В. Мейкшане**

Компьютерная верстка **И. В. Скуратович**

Подписано к печати 10.09.2024 г. Формат 60 x 84 1/8.
Уч.-изд. л. 5,78. Усл. печ. л. 6,98. Заказ 345. Тираж 50 экз.

Адрес редакции: 220040, г. Минск, ул. Некрасова, 39-2;
тел. (017) 363-49-03;
e-mail: info@niimel.by, redaktor@niimel.by

Отпечатано РУП «Информационно-вычислительный центр Министерства финансов».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 2/41 от 29.01.2014.

© РУП «Институт мелиорации», 2024

Содержание Contents

Мелиорация

Land improvement

Э. Н. Шкутов, Ж. Е. Карпович, Т. И. Русак, В. П. Иванов

Оценка эффективности фильтрующих материалов для засыпок дренажных траншей и колонок-поглотителей в суглинистых почвогрунтах

5

E. N. Shkutov, Zh. E. Karpovich, T. I. Rusak, V. P. Ivanov

Assessment of the effectiveness of filter materials for filling drainage trenches and absorber columns in loam soils

В. С. Маций, Е. В. Кузнецов, С. И. Маций

Анализ и синтез нормативной документации в отрасли изысканий и проектирования инженерной защиты мелиоративных объектов

12

V. S. Matsiy, E. V. Kuznetsov, S. I. Matsiy

Analysis and synthesis of regulatory documentation in the research industry and design of engineering protection of reclamation objects

А. И. Митрахович, Е. А. Давыдов, И. Ч. Казьмирук

Анализ причин снижения эффективности осушительных систем с учетом опыта их эксплуатации

25

A. I. Mitrakhovich, E. A. Davydov, I. Ch. Kazmiruk

Analysis of the reasons for reduced efficiency of drying systems taken into account of their operating experience

Н. Н. Линкевич

Обоснование необходимости ремонта (реконструкции) грунтовых плотин

32

N. N. Linkevich

Justification of the need for repair (reconstruction) of earth dams

А. А. Левкевич, Г. В. Латушкина

Применение средств фотограмметрии при обследовании гидротехнических сооружений на объектах регулирования водного режима

39

A. A. Levkevich, G. V. Latushkina

Application of photogrammetry tools in survey of hydraulic structures on objects of water regime regulation on reclaimed lands

Кормопроизводство

Forage production

Н. Н. Цыбулько, В. Б. Цырибко, И. И. Жукова, И. А. Логачёв

Оценка противозерозийной стойкости почв на основе расчета размывающей скорости водного потока на разных агрофонах

45

N. N. Tsybulka, V. B. Tsyribka, I. I. Zhukova, I. A. Logachov

Assessment of soil erosion resistance based on the calculation of the erosive velocity of water flow on different agricultural plants

Наши юбиляры	●	Our jubilees
Георгий Григорьевич Гулюк (к 80-летию)		54
Владимир Николаевич Филиппов (к 75-летию)		55
Василий Петрович Закржевский (к 70-летию)		57
Раиса Тадеушевна Пастушок (к 55-летию)		58
Чтобы помнили	●	To be remembered
Андрей Федорович Печкуров (к 125-летию)		59

• МЕЛИОРАЦИЯ •

УДК 626.86:631.442

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАСЫПОК ДРЕНАЖНЫХ ТРАНШЕЙ И КОЛОНОК-ПОГЛОТИТЕЛЕЙ В СУГЛИНИСТЫХ ПОЧВОГРУНТАХ

Э. Н. Шкутов, кандидат технических наук

Ж. Е. Карпович, инженер

Т. И. Русак, старший научный сотрудник

В. П. Иванов, кандидат технических наук

РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

Аннотация

Рассматриваются вопросы выбора наиболее функционального и экономически эффективного материала для хорошо фильтрующих засыпок дренажных траншей и колонок-поглотителей, а также связи конструкций и материалов, применяемых для строительства фильтрующих элементов дренажа, с предполагаемыми мероприятиями по долговременному поддержанию высокой проницаемости дренируемого слоя набухающих слабопроницаемых суглинистых почвогрунтов.

Ключевые слова: фильтрующие засыпки, дренаж, водопоглощающие колонки, слабопроницаемые суглинистые грунты.

Abstract

E. N. Shkutov, Zh. E. Karpovich, T. I. Rusak, V. P. Ivanov
**ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF FILTER
MATERIALS FOR FILLING DRAINAGE TRENCHES
AND ABSORBER COLUMNS IN LOAM SOILS**

The issues of choosing the most functional and cost-effective material for well-filtering backfills of drainage trenches and water absorbent columns are considered, as well as the connection between the structures and materials used for the construction of drainage filter elements with the proposed measures for long-term maintenance of high permeability of the drained layer of swelling low permeable loamy soils.

Keywords: filter backfills, drainage, water absorbent columns, low permeable loamy soils.

Введение

В настоящее время наиболее эффективной конструкцией дренажных систем на слабопроницаемых суглинистых почвогрунтах признаны системы с применением дрен-собирателей, обеспечивающих сбор и перевод поверхностного стока в дренажные линии с помощью колодцев-поглотителей, фильтрующих колонок и различных засыпок дренажных траншей.

Чаще всего в Беларуси для фильтрующих засыпок закрытого дренажа применяются песчано-гравийные смеси (далее – ПГС). Это доступный и долговечный материал, при соответствующем выборе обеспечивающий требуемые долговечность и водоприемную способность дренажа в слабопроницаемых почвогрунтах. Однако среди исследователей

отсутствует единство по ряду практических вопросов применения ПГС, что отражено в публикациях и нормативах (рекомендациях). На наш взгляд, расхождения обусловлены, помимо результатов и специфики гидравлических исследований, экономической мотивацией при принятии решений.

Цель данной статьи – обсуждение результатов исследований по названным вопросам в целях выработки наиболее эффективных – с учетом функциональных и экономических критериев – проектных решений для современных нормативов, актуальных при строительстве, реконструкции и ремонтных работах на дренажных системах в условиях слабопроницаемых суглинистых почвогрунтов.

Результаты исследований и их обсуждение

В мелиоративном строительстве в качестве засыпок применяется широкий круг материалов, и ПГС не единственный материал, выступающий в этой функции. Например, в Великобритании используют промытую морскую гальку диаметром 20–30 мм, которая обеспечивает практически свободное течение воды по крупным порам без формирования уровня грунтовых вод (с помощью такой засыпки выполнено 90 % всего построенного дренажа); в Финляндии – естественные песчано-гравийные смеси. Повсеместно осуществляется присыпка трубчатого дренажа гравием на 0,2–0,3 м, далее до поверхности засыпается пахотным слоем [1].

В конструкциях применяемых колонок-поглотителей также наблюдаются региональные отличия по используемым фильтрующим материалам: например, в Беларуси распространены колонки-поглотители, засыпаемые гравием до поверхности, а в понижениях – дрена-собиратели, в Шотландии в качестве засыпки служит шлак от электростанций (крупность частиц 20–40 мм), в Дании – опилки хвойных деревьев (в этой стране конструкции эксплуатируются не менее 15–20 лет), во Франции используют засыпку из специально приготовленных почвогрунтов, обработанных структурирующими синтетическими полимерами, в Германии – гравий без камней, несортированный песок с гравием [1].

В качестве объемных фильтров (в простейшем случае – присыпка дренажных труб) могут применяться отходы текстильного производства, нетканые синтетические материалы, кокосовые волокна, волокнистый торф, ржаная солома и т. д. [2].

По мнению В. Б. Шаулиса [3], для практики наиболее перспективны, судя по результатам испытаний, следующие виды материалов: суглинистый грунт, перемешанный с известью (0,3 % от массы грунта); суглинистый грунт, перемешанный с соломой (0,6 % от массы грунта); суглинистый грунт, перемешанный с древесной щепой (3,6 % от массы грунта); песчано-гравийная поглотительная колонка; щебеночная поглотительная колонка; торфяная поглотительная колонка (из слаборазложившегося волокнистого торфа); фашинно-соломенная поглотительная колонка.

В Институте мелиорации также проводились исследования эффективности примене-

ния смеси грунта с негашеной известью [4]. По результатам НИР данную смесь можно отнести к хорошо проницаемой засыпке, эффективно работающей около 3 лет, но затем эффект пропадает. Данные В. Б. Шаулиса подтверждают указанный срок действия таких конструкций [3]. Все остальные смеси грунта с органикой, названные в [1], также не отличаются долголетием, они разлагаются неприемлемо быстро – гораздо быстрее окончания срока службы дренажа.

Обобщение материалов исследований, приведенных в [3], и их дополнительная обработка позволили получить параметры приточности воды к дренам в зависимости от обеспеченности осадками осеннего периода года, предшествовавшего году измерения приточности, – то есть зависимости приточности воды от степени увлажненности почвогрунтов на длительном временном интервале.

Результаты анализа данных В. Б. Шаулиса показаны в виде диаграммы (рис. 1). На ней представлены установленные зависимости весенней удельной приточности воды к дренам (имеющим различную траншейную засыпку) и поглотительным колонкам (уложенным в грунты тяжелого механического состава) от обеспеченности осенних осадков года, предшествовавшего году измерения приточности. Согласно рисунку, начиная от 30%-й обеспеченности, графики зависимости линейны, что, очевидно, связано с началом значимого влияния на водопроницаемость набухания глинистых частиц.

Итоги обработки данных свидетельствуют, что наилучшей проницаемостью обладает фашинно-соломенная поглотительная колонка. Однако, судя по ее опытной производственной эксплуатации, у нее слишком короткий срок службы, поэтому она не рекомендуется к широкому внедрению. Чтобы массово применять данный вид колонок, желательно продлить срок их службы как можно ближе к сроку службы дренажа, иначе в процессе функционирования дренажной системы придется несколько раз проводить ремонты путем раскопки дренажа и закладывать свежий фильтрующий материал.

Примеры широкого производственного применения таких технологий с периодическим переустройством фильтрующих засыпок либо водопоглощающих сооружений на дренаже нам неизвестны.

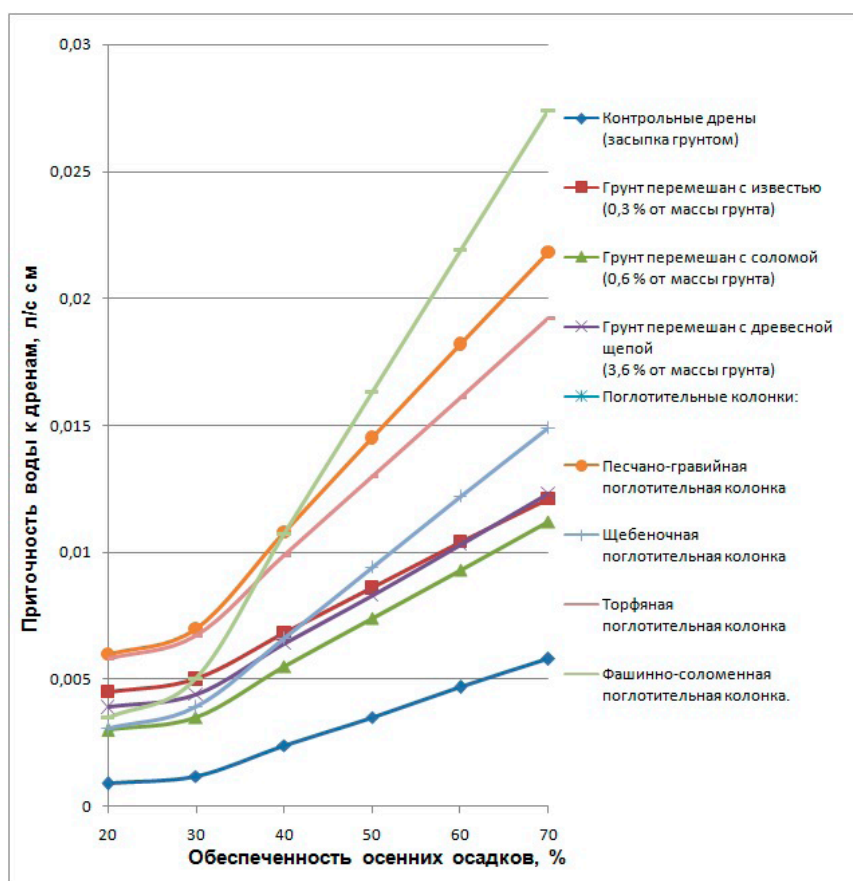


Рис. 1. Влияние обеспеченности осенних осадков на удельную приточность воды к дренам и поглотительным колонкам

Вероятно, из перечня материалов, представленного на рис. 1, ПГС – лучший материал, наиболее пригодный по совокупности свойств для формирования тела поглотительной колонки, а также для широкого применения.

В ходе опытов, проведенных авторами статьи, и обзора литературы по обсуждаемой теме [5, 6] также получены данные о наличии зависимости интенсивности водоприема колонок-поглотителей от проницаемости засыпки – во всяком случае, в пределах испытанных показателей водопроницаемости материала (5–15 м/сут.). Соответственно, вполне обоснованным можно считать утверждение, что коэффициент фильтрации засыпки оказывает заметное влияние на водоприемную способность дренажных систем. Поэтому вполне целесообразна и рекомендация использовать фильтрующие засыпки с максимально большим коэффициентом фильтрации – в пределах вариаций коэффициента фильтрации коммерчески доступной ПГС и требований защиты от кольматажа засыпки места строительства суглинистыми грунтами.

Однако высказываются мнения о нецелесообразности применения ПГС с высокими коэф-

фициентами фильтрации [7, 8]. Проведенный авторами анализ результатов специальных исследований [4], а также многочисленные наблюдения за условиями работы фильтрующих засыпок и сопутствующими условиями строительства приводят к мысли о том, что расхождения в выводах исследователей [7, 8] связаны с использованием ими в опытах – в качестве присыпок дренажа почвы – пахотного слоя с малой проницаемостью (определяющего водный приток к засыпке). Действительно, даже самая высокая проницаемость фильтрующей засыпки дренажа не может обеспечить более сильный поток воды, чем тот, что прошел через верхний пахотный слой либо присыпку дренажной трубы. Поэтому при обработке опытных данных возникает предположение, будто бы проницаемость фильтрующей засыпки не влияет на водоприемную способность дренажа, что, по нашим данным, представляется ошибочным выводом: это подтверждается применением засыпки до поверхности почвы или колонок-поглотителей специальной конструкции (с расширенным верхом засыпки на поверхности) (рис. 2) [4].

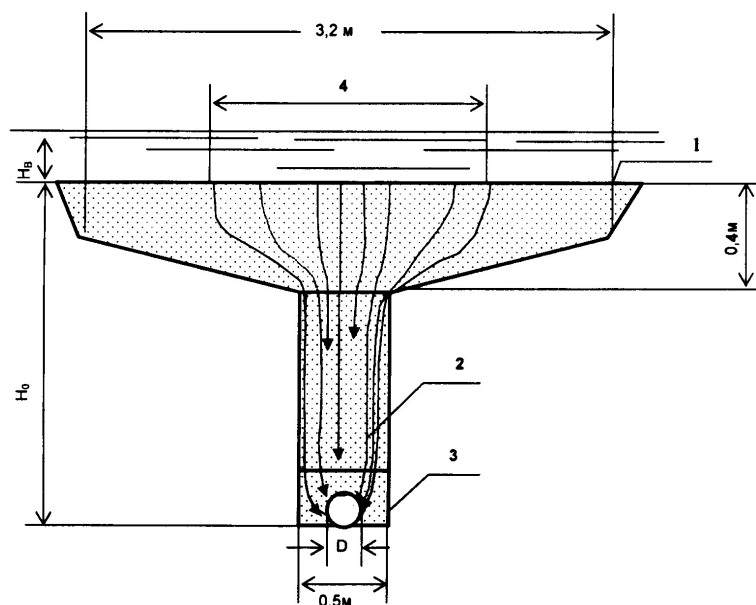


Рис. 2. Принципиальная схема колонки-поглотителя КПФ-1:

- 1 – верхний элемент (ПГС);
- 2 – средний элемент (ПГС);
- 3 – нижний элемент (ПГС);
- 4 – рабочая зона фильтрации (охватывает 95 % фильтрационного потока, поступающего из верхнего элемента)

Помимо существенного улучшения водопринимной способности вариантов с выводом фильтрующих засыпок на поверхность земли, этот вид конструкции колонки-поглотителя решает проблему и с эффектом перемешивания верхнего слоя фильтрующего материала колонок-поглотителей с местной почвой пахотного слоя при почвообработках. В ходе производственных опытов фильтрующие засыпки дренажных траншей, выведенные на поверхность, за нескольких циклов почвообработок снижали коэффициент фильтрации пахотного слоя до уровня проницаемости местного пахотного горизонта (обычно слабопроницаемого). Тем самым аннулируется эффект повышенного водоприема и дополнительных затрат на засыпку дренажных траншей привозным материалом до поверхности.

РУП «Институт мелиорации» уже более 16 лет продолжает длительный опыт, в котором на колонке-поглотителе КПФ-1 (рис. 2) периодически определяются коэффициенты фильтрации верхнего слоя ее засыпки. До сих пор все еще изучается область около $0,9 \times 0,9$ м (исходный размер $3,0 \times 3,0$ м) с исходным коэффициентом фильтрации ПГС. Колонка продолжает работу с приемлемым уровнем водоприема.

Рекомендации, разработанные в лаборатории совершенствования мелиоративных систем РУП «Института мелиорации», основываются еще на одном мощном факторе, повы-

шающем водопроницаемость пахотного слоя, который, по нашему мнению, должен обеспечивать долговременное поддержание повышенной проницаемости даже водопроницаемого материала засыпки, перемешанного с местным грунтом. Обязательное требование эксплуатационного обслуживания дренажа в суглинистых грунтах заключается в периодически, через каждые 3 года, повторяемом глубоким рыхлении (0,6 м).

Таким образом, с учетом вышеприведенных условий можно считать, что в производственных условиях проницаемость фильтрующей засыпки дренажа (в пределах значений, встречающихся в карьерах Беларуси) влияет на его водоприемную способность, поэтому целесообразно применять ПГС с наибольшим из доступных коэффициентов фильтрации. Однако более высокая водопроницаемость связана с большей крупностью составляющих ПГС. Резонен вопрос: насколько больше будет стоить использование ПГС с большим коэффициентом фильтрации?

В ходе исследований была проведена оценка стоимости* применения для засыпок ПГС различных крупностей (таблица). Анализ стоимости коммерчески доступных в рамках Беларуси материалов засыпки в виде песка различной крупности показал небольшую разницу в стоимости ПГС различной водопроницаемости (функции крупности): всего около 2 руб/м³.

*Сравнение стоимостей различных фракций песка проводилось в пределах одного карьера, чтобы исключить региональные отличия. Ориентировочно диапазон изменения коэффициента фильтрации составляет 5–15 м/сут.

Таблица. Стоимость материалов, пригодных для фильтрующих засыпок дренажа в слабопроницаемых почвогрунтах

Источник/ исполнитель	Наименование засыпки	Цена засыпки, руб/ м ³	Автомобиль, грузоподъ- емность	Расстояние, км	Стоимость ПГС в авто- мобиле, руб	Платная дорога, руб	Стоимость одного рейса, руб	Ориенти- рующая стоимость, руб/км
ОАО «Нерудпром»* (далее – «Нерудпром») (Минский р-н)	Щебень, фр. 20–80 мм	17,39	20 т (13 м ³)	115	588	42	856	7,44
Мобильно-сортировочная установка «Кльовщина»* (Дзержинский р-н)	Песок для строит. работ 2-го класса	11,45	20 т (13 м ³)	115	588	42	779	6,76
«Нерудпром», карьер Веснянка* (Логойский р-н)	Песок для строит. работ 1-го класса	13,1	20 т (13 м ³)	115	588	42	800	7,0
«Нерудпром», карьер Веснянка* (Логойский р-н)	Песок для строит. работ 2-го класса	11,45	20 т (13 м ³)	115	588	42	779	6,76
ДРСУ № 192** г. Березино (Минский р-н)	ПГС С-2 до 30 % гравия, фр. 5–20	75,6	20 т (13 м ³)	20	588	42	983	49,14
ДРСУ № 131** г. п. Шарковщина (Витебская обл.)	Песок 2-го класса Песок природный ПГС С-2	29,71 27,37 27,53	20 т (13 м ³)	20	128	–	514 483 486	25,7 24,18 24,28
ДРСУ № 181 г. Орши (Витебская обл.)	Песок карьерный, ПГС	4,86 (без предо- ставления транспорта)	–	–	–	–	–	–
ДРСУ № 142*** г. Браслава (Витебская обл.)	Песок карьерный, ПГС	85,02 руб./ 20 т или 6,80/ 1 м ³	20 т (12,5 м ³)	85	641	–	726	8,54
ДРСУ № 120 г. п. Вороново*** (Гродненская обл.)	ПГС С-2 от 5 до 20 % гравия, фр. 5–20 (сертифицирована)	8,03	20 т (12,5 м ³)	33	–	–	484	14,65

П р и м е ч а н и е.

*Расчет проводился для мелиоративного объекта «Жорновка» (ОАО «Уша» Березинского р-на Витебской обл.);

** – информация по данным объектам и названным критериям отсутствует;

*** – расчет проводился для мелиоративного объекта «Гвардия» (ОАО «Агровидзы» Браславского р-на Витебской обл.).

Оказалось, что месторасположение материала гораздо сильнее влияет на его стоимость, чем размер (крупность). Приобретение песка в окрестностях Минска обойдется примерно на 10 руб/м³ дешевле, чем в районах Витебской обл. (Шарковщинский р-н), но на 5 руб/м³ дороже, чем в Оршанском и Браславском районах, или в Гродненской обл. (Воронковский р-н). На основании приведенных данных можно хотя бы в первом приближении оценить стоимость потенциального дополнительного водоотведения при помощи фильтрующей засыпки (если удастся обеспечить такой поток влаги через пахотный слой).

При укрупненной оценке рассматривались как вариант применения сплошной засыпки дренажных траншей (протяженностью около 125 м/га) до пахотного горизонта (со средней глубиной дренажной траншеи 75 и 100 см), так и вариант применения фильтрующих колонок-поглотителей с расширенным верхом (3 × 3 м на поверхности).

Результаты расчетов показывают, что в сравнении с вариантом обычного дренажа прирост стоимости (в ценах 2022 г.) устройства сплошной засыпкой дренажной траншеи ПГС до подошвы пахотного горизонта и доставкой ее на объекты (принимали в среднем 115 км) составляет в зависимости от месторасположения карьера 105,2–642,6 руб/га (глубина закладки дренажа 75 см) и 163,6–999,7 руб/га (глубина закладки 100 см).

В варианте с применением фильтрующих колонок-поглотителей с расширенным верхом дополнительная стоимость ПГС и ее доставки на объект составит около 1542 руб/га.

Таким образом, стоимость дренажа с засыпками возрастет на 20 %, причем 82–98 % удорожания придется на транспортные расходы за доставку ПГС на объекты.

Значительная стоимость доставки ПГС от карьеров к месту строительства дренажа на

слабопроницаемых суглинистых грунтах делает актуальным и экономически мотивированным вопрос поиска хорошо проницаемых местных материалов для фильтрующих засыпок и колонок-поглотителей.

Как уже отмечалось выше, варианты с органическими компонентами имеют слишком короткий срок службы и потому малоприменимы для практического применения. Но это утверждение не относится к вариантам использования торфяного наполнения колонок-поглотителей или засыпки траншей дренажа тем же материалом: срок его службы, по нашим данным, соизмерим со сроком службы дренажной системы.

Правда, в ряде публикаций [9–11], описывающих экспериментальные исследования о применении торфа в качестве хорошо фильтрующего материала, утверждается, что со временем торф уплотняется и резко уменьшает свою водопроницаемость до неприемлемых значений, поэтому он не годится для водопроницаемой засыпки. Однако подчеркнем: на наш взгляд, требуются дополнительные исследования данного вопроса, поскольку предлагаемая технология эксплуатации дренажа на суглинках предполагает периодическое, через каждые 3 года, глубокое рыхление слоя над дренами. Взрыхленный слой торфа должен восстанавливать свою водопроницаемость и обеспечивать в очередные несколько лет требуемый уровень водоприемной способности дренажа.

Если эта рабочая гипотеза получит экспериментальное подтверждение, то соответствующая набору определенных критериев торфяная засыпка из региональных заторфованных понижений вполне может оказаться наиболее приемлемым вариантом местного торфяного материала, применение которого снизит стоимость строительства работоспособного дренажа в суглинистых почвогрунтах на 15 %.

Выводы

1. Использование материалов из ПГС для устройства хорошо фильтрующих засыпок дрен-собирающих, закладываемых в слабопроницаемые суглинистые почвогрунты, или строительство колонок-поглотителей, служащих для увеличения водоприемной способности дренажа, потребуют увеличения сто-

имости строительства дренажа минимум на 10–20 %, причем 82–98 % удорожания придется на транспортные расходы и доставку ПГС к месту укладки.

2. Значительная стоимость доставки ПГС от карьеров к месту строительства дренажа на слабопроницаемых суглинистых грунтах дела-

ет актуальным и экономически мотивированным вопрос поиска местных материалов для фильтрующих засыпок дренажных траншей и колонок-поглотителей.

3. Применение специально подобранного вида и состояния торфа в качестве фильтру-

ющий засыпки могло бы снизить стоимость дренажа из дрен-собираателей на слабопроницаемых суглинках на 15 % по сравнению с использованием привозной ПГС, но для обоснования этого предложения потребуются дополнительные исследования.

Библиографический список

1. Бойко, С. И. Современная оценка приемов мелиорации переувлажняемых слабопроницаемых почв (зарубежный опыт) / С. И. Бойко. – Москва : ВНИИТЭИагропром, 1991. – 135 с.
2. Эггельсманн, Р. Руководство по дренажу / Р. Эггельсманн ; пер. с нем. В. Н. Горинского под ред. Ф. Р. Зайдельмана. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Колос, 1984. – 247 с.
3. Шаулис, В. Б. Способы отвода поверхностных вод с дренированных земель (на примере Литовской ССР) : дис. ... канд. техн. наук / В. Б. Шаулис. – Кедайнай, 1987. – 182 л.
4. Макоед, В. М. Гидравлические и фильтрационные исследования усовершенствованных колонок-поглотителей и их элементов / В. М. Макоед, Г. В. Хмелевская // Мелиорация переувлажненных земель. – 2007. – № 2 (58). – С. 58–68.
5. Шкиннис, Ц. Н. Проблемы гидрологии дренажа / Ц. Н. Шкиннис. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1974. – 346 с.
6. Физическое моделирование работы перспективных конструкций дренажа в слабопроницаемых суглинках / Э. Н. Шкутов, В. П. Иванов, Т. И. Русак, Д. В. Лодыга // Мелиорация. – 2018. – № 1 (83). – С. 14–23.
7. Зайдельман, Ф. Р. Особенности режима и мелиорации заболоченных почв / Ф. Р. Зайдельман. – Москва : Колос, 1969. – 223 с.
8. Климко, А. И. Особенности действия закрытого дренажа на минеральных землях в условиях континентального климата / А. И. Климко // Вопр. двустороннего регулирования водного режима почв. – Вильнюс : Газетно-журнальное изд-во, 1966. – С. 39–48.
9. Печкуров, А. Ф. Изменение коэффициента фильтрации при уплотнении торфа / А. Ф. Печкуров // Вопр. эксплуатации осушительно-увлажнительных систем : сб. науч. работ БелНИИМивХ ; редкол.: В. Ф. Карловский (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БелНИИМивХ, 1983. – С. 10–45.
10. Лундин, К. П. Зависимость водопроницаемости торфа от его плотности / К. П. Лундин // Тр. БелНИИ мелиорации и вод. хоз-ва. – Минск, 1962. – Т. X. – С. 134–166.
11. Винокуров, Ф. П. Строительные свойства торфяных грунтов / Ф. П. Винокуров, А. Е. Теркин, М. А. Питерман. – Минск : АН БССР, 1962. – 284 с.

Поступила 28 мая 2024 г.

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В ОТРАСЛИ ИЗЫСКАНИЙ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ МЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ

В. С. Маций, аспирант

Е. В. Кузнецов, доктор технических наук

С. И. Маций, доктор технических наук

*Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина,
г. Краснодар, Россия*

Аннотация

Разработка методов создания эффективных отраслевых систем нормативных документов, в том числе в отрасли инженерной защиты объектов водного хозяйства, является весьма актуальной задачей в условиях обновления государственной системы стандартизации. С целью анализа и синтеза нормативной документации в отрасли изысканий и проектирования инженерной защиты мелиоративных объектов использовались действующие нормативно-правовые акты в строительстве и мелиорации, а также программные статьи по нормативной базе мелиоративного комплекса России. Предложен подход к анализу и синтезу нормативной документации, разработана эффективная концептуальная система нормативно-технического обеспечения отрасли инженерной защиты мелиоративных объектов. Высокий уровень качества нормативной документации для реализации проектно-изыскательских работ обеспечивается наличием системных связей и общей цели, направленной на повышение качества конечного продукта. Нормативная документация – главный метод обеспечения качества проектно-изыскательской документации.

Ключевые слова: нормативная документация, изыскания, проектирование, инженерная защита.

Abstract

V. S. Matsiy, E. V. Kuznetsov, S. I. Matsiy

ANALYSIS AND SYNTHESIS OF REGULATORY DOCUMENTATION IN THE RESEARCH INDUSTRY AND DESIGN OF ENGINEERING PROTECTION OF RECLAMATION OBJECTS

The development of methods for creating effective industry-wide systems of regulatory documents, including in the field of engineering protection of water facilities, is a very relevant task in the context of updating the state standardization system. In order to analyze and synthesize normative documentation in the field of survey and design of engineering protection of reclamation facilities, current regulatory legal acts in construction and reclamation, as well as policy articles on the regulatory framework of the reclamation complex of Russia have been considered. The article offers an approach to analysis and synthesis of normative documentation, develops an effective conceptual system of normative and technical support of the field of engineering protection of reclamation objects. The high level of quality of normative documentation for the implementation of design and survey work is ensured by the presence of systemic connections and a common goal aimed at improving the quality of the final product. Normative documentation is the main method of ensuring the quality of design and survey documentation.

Keywords: normative documentation, surveys, project design, engineering protection.

Введение

Для обеспечения безопасности и принятия наиболее рациональных и эффективных технических решений при проведении проектно-изыскательских работ необходима актуализация нормативных документов по всем вопросам инженерной защиты мелиоративных объектов от опасных геологических процессов. Осуществить контроль качества строительной продукции, в том числе проектно-изыскательской документации, возможно

только в соответствии с нормативными показателями, поэтому очевидно, что нормативно-правовое обеспечение является ключевым условием высокого качества.

В процессе стандартизации и работы с большими базами данных (далее – БД) были предложены и обоснованы разнообразные подходы к менеджменту качества. Например, определено, что базы данных по результатам мониторинга позволяют не только упорядо-

чить имеющиеся исследования, но и выявить пространственно-временные закономерности распространения и проявления селевых потоков [1]. В свою очередь комплексный мониторинг с целью оценки динамики развития селепроявлений подразумевает оценку состояния различных объектов наблюдения, сопоставление динамики изменений на протяжении длительного времени.

Разработка реляционной БД по типовым проектным решениям составных частей оросительных систем описана В. Н. Щедриным и др. [2]. Однако критерии для осуществления контроля качества на всех этапах жизненного цикла сооружений инженерной защиты не определены. Создание эффективной концептуальной системы нормативно-технического обеспечения отрасли инженерной защиты – наиболее приоритетная и актуальная задача в связи с модернизацией системы отечественной стандартизации. Необходимость формирования единой информационной системы «Цифровая мелиорация» обоснована в [3]: важно повысить оперативность принятия управленческих и проектных решений в процессе производства мелиоративных работ на всех стадиях жизненного цикла такой системы.

Формирование нормативной базы мелиоративного комплекса проанализировано В. Н. Щедриным [4]: автор указывает, что в системе стандартов Российской Федерации отсутствует раздел «Мелиорация земель». Целесообразность внесения этого раздела с подгруппами Гидромелиорация (65.180.01), Агролесомелиорация (65.108.10) и др. обоснована отсутствием учета особенностей при строительстве, проектировании и эксплуатации мелиоративных объектов.

В. Н. Щедриным и его соавторами предложены две системы для понятий «мелиорация / мелиорация земель» [4, 5]. В первой группе интересующей подсистемой является агrolесомелиорация, во второй – биомелиорация, а именно проектирование (изыскания) мелиоративных объектов и изделий, для кото-

рых предложены следующие классификационные группы:

Агролесомелиорация:

- классификации, определения;
- методы и способы;
- контроль качества;
- общие требования (положения).

Биомелиорация:

- основополагающие понятия;
- предметы производства;
- процессы производства;
- методы контроля;
- резерв.

В п. 2.38 ГОСТа Российской Федерации (далее – ГОСТ Р) 58330.2-2018 «Мелиорация. Виды мелиоративных мероприятий и работ. Классификация» определяется понятие «инженерные изыскания и проектирование»: это стадия жизненного цикла мелиоративного мероприятия, включающая совокупность процессов обследования условий и создания проектной (рабочей) документации – всего необходимого для реализации (производства) мелиоративного мероприятия¹. В документе отражены и такие важные мероприятия инженерной защиты объектов, как осушение земель [п. 2.67], отвод избытка поверхностных вод [п. 2.69], понижение уровня грунтовых вод [п. 2.81], предотвращение притока избыточных вод [п. 2.82], регулирование наземного стока [п. 2.91], террасирование склоновых земель [п. 2.101], укрепление грунта [п. 2.107], устройство почвозащитных фитопосадок [п. 2.109], фитозащита земель [п. 2.110] и др.

Мероприятия инженерной защиты мелиоративных объектов отражены в СП 421.1325800.2018 «Мелиоративные системы и сооружения. Правила эксплуатации»². В п. 8.2.3 описаны агrolесомелиоративные мероприятия, а в п. 8.7.6 – защита от селевых потоков, оползней и снежных лавин. В части противооползневой защиты предлагается строительство перехватывающих дрена и скважин вертикального дренажа, уполоаживание склонов.

В Инструкции о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной до-

¹ Мелиорация. Виды мелиоративных мероприятий и работ. Классификация: ГОСТ Р 58330.2-2018. Москва: Стандартинформ, 2019. 31 с.

² Мелиоративные системы и сооружения. Правила эксплуатации: СП 421.1325800.2018. Москва: Стандартинформ, 2019. 46 с.

кументации на строительство объектов мелиорации земель³ защита мелиоративных земель от ливневых и паводковых вод, селевых потоков, оползней и т. д. определена в составе проектируемых мероприятий по рациональному использованию и защите земельных ресурсов (п. 7.2.2). В ГОСТ Р 58330.1-2018 «Мелиорация. Мелиоративные системы и сооружения. Классификация» в п. 3.2.1.1 описаны противозерозионные сооружения, защитные лесные насаждения, дороги, осушенные земли⁴. Противозерозионные мероприятия также важны в части инженерной защиты земель, что нашло отражение в СП 100.13330.2016 «Мелиоративные системы и сооружения» (п. 12.10)⁵. Более

подробно они представлены в СТО 4.2-1-2015 «Мелиорация земель. Правила проведения противозерозионных мероприятий на различных типах агроландшафтов»⁶.

Ряд исследователей предлагает включить в состав системы типового проектирования мелиоративных объектов управленческую и организационную функции, методы прямой и косвенной финансовой поддержки, технологический трансфер и научно-производственную деятельность – при условии сохранения таких понятий, как темп строительно-монтажных работ, мощности производства строительных материалов, обновление кадров подразделений (проектных, строительных, научных и др.) [6, 7].

Методология системного подхода к анализу и синтезу системы нормативной документации

Системный анализ необходим для структурированного анализа действующих нормативных документов. В рамках менеджмента качества за всю историю стандартизации в России наибольшую результативность показали комплексные серии межгосударственных стандартов. Особо стоит выделить Единую систему проектной документации для строительства (далее – СПДС) как наиболее эффективную систему стандартов, показавшую себя в том числе в рамках реформ отечественной политики технического регулирования в строительстве. Аналогичную устойчивость продемонстрировали и некоторые другие комплексные серии стандартов (Единая система конструкторской документации, Система показателей качества продукции и т. п.). Так, согласно информационному указателю нормативных документов Федерального дорожного агентства⁷ принято следующее деление классификационных групп на ступени: 1 – основополагающие документы; 2 – изыскания; 3 – проектирование; 4 – строительство и реконструкция; 5 – капитальный

ремонт; 6 – эксплуатация (текущий ремонт и содержание); 7 – диагностика; 8 – дорожно-строительные материалы; 9 – изделия; 10 – информационно-управляющие системы и др.

В отечественной системе нормативных документов, отражающих сферу строительства сооружений инженерной защиты мелиоративных объектов, наблюдаются весьма слабые системные связи между элементами (а в некоторых случаях связь как таковая отсутствует), в то время как система – это единство связанных структурных элементов, направленных на решение комплексной задачи обеспечения качества проектно-изыскательской документации.

Анализ и синтез системы нормативных документов в названной отрасли осуществлялся с учетом основных принципов системного анализа. Создание общей оптимальной концепции, которая должна прийти на смену решения частных задач, также предполагает учет базовых оснований и средств системного подхода.

В научной литературе выделены следующие принципы:

³ Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство объектов мелиорации земель. Москва: Госэкомелиовод, 2002. 65 с.

⁴ Мелиорация. Мелиоративные системы и сооружения. Классификация: ГОСТ Р 58330.1-2018. Москва: Стандартинформ, 2019. 12 с.

⁵ Мелиоративные системы и сооружения: СП 100.13330.2016. Москва: Минстрой России, 2016. 222 с.

⁶ Мелиорация земель. Правила проведения противозерозионных мероприятий на различных типах агроландшафтов: СТО 4.2-1-2015. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. 46 с.

⁷ Информационный указатель (классификатор) межгосударственных стандартов, документов национальной системы стандартизации и отраслевых дорожных методических документов [Электронный ресурс]. URL: https://nto.rosavtodor.ru/docs/info/class_ntd.pdf (дата обращения 28.03.2024).

- *принцип конечной цели* – формулируется цель системного анализа, а все его этапы сопоставляются с изначальной целью;
- *принцип измерения* – предполагается, что создаваемая система может функционировать как структурное звено более высокого уровня;
- *принцип единства* – амбивалентное рассмотрение системы (и как целого, и как совокупности элементов);
- *принцип модульного построения* позволяет исключать излишнюю детализацию;

- *принцип связности* выявляет связи между элементами системы и внешней средой;
- *принцип развития* дает возможность модернизировать, пополнять и реструктуризировать систему;
- *принцип иерархии* – выделение частей системы и ранжирование их по порядку рассмотрения;
- *принцип неопределенности* – проведение анализа опасных ситуаций (отказов элемента и/или системы), поскольку должен быть исключен фактор случайности (метод гарантируемого результата) [8, 9].

Анализ результатов исследования и их обсуждение

По результатам исследования, в частности контент-анализа нормативной документации, на рис. 1 в виде когнитивной карты отражены взаимосвязи между существующими субъектами и объектами правового регулирования сферы строительства инженерных сооружений.

Цель анализа актуальных нормативно-правовой и нормативно-технической баз, применяемых при проведении проектно-изыскательских работ, заключается в концептуализации и дальнейшем развитии сформированной системы нормативных документов, предписания которой будут отвечать таким же требованиям к проектно-изыскательской документации, каковые имеются в системе как государственной экспертизы, так и корпоративных требований.

Нормативно-правовые акты используются в соответствии с действующим отечественным законодательством. Таким образом, принимается следующий порядок применения нормативно-правовых актов Российской Федерации в иерархической последовательности: 1 – Конституция; 2 – законы; 3 – указы и распоряжения Президента России; 4 – постановления и распоряжения Правительства; 5 – законодательные и подзаконные акты.

На рис. 2 представлена составленная на основании модульного принципа иерархическая структура нормативных документов, относящихся к производству проектно-изыскательских работ для строительства сооружений инженерной защиты.

Как следует из рис. 1, ответственность за принятые проектные решения и результаты экспертизы не закреплена ни за проектно-изы-

скательской организацией, ни за внутренней экспертизой, ни за Государственной экспертизой. Единственным решением в сложившейся ситуации с установлением ответственности за принятые проектные решения является повышение качества проектно-изыскательской документации для строительства сооружений инженерной защиты мелиоративных объектов от опасных геологических процессов на основе анализа и синтеза системы нормативной документации и применения методики анализа и оценки качества процесса при проведении изыскательских и проектных работ.

Представленная структура не позволяет легитимно использовать в первую очередь отраслевые нормативные документы, в том числе стандарты профильных организаций, – по сравнению с действующими законами Российской Федерации.

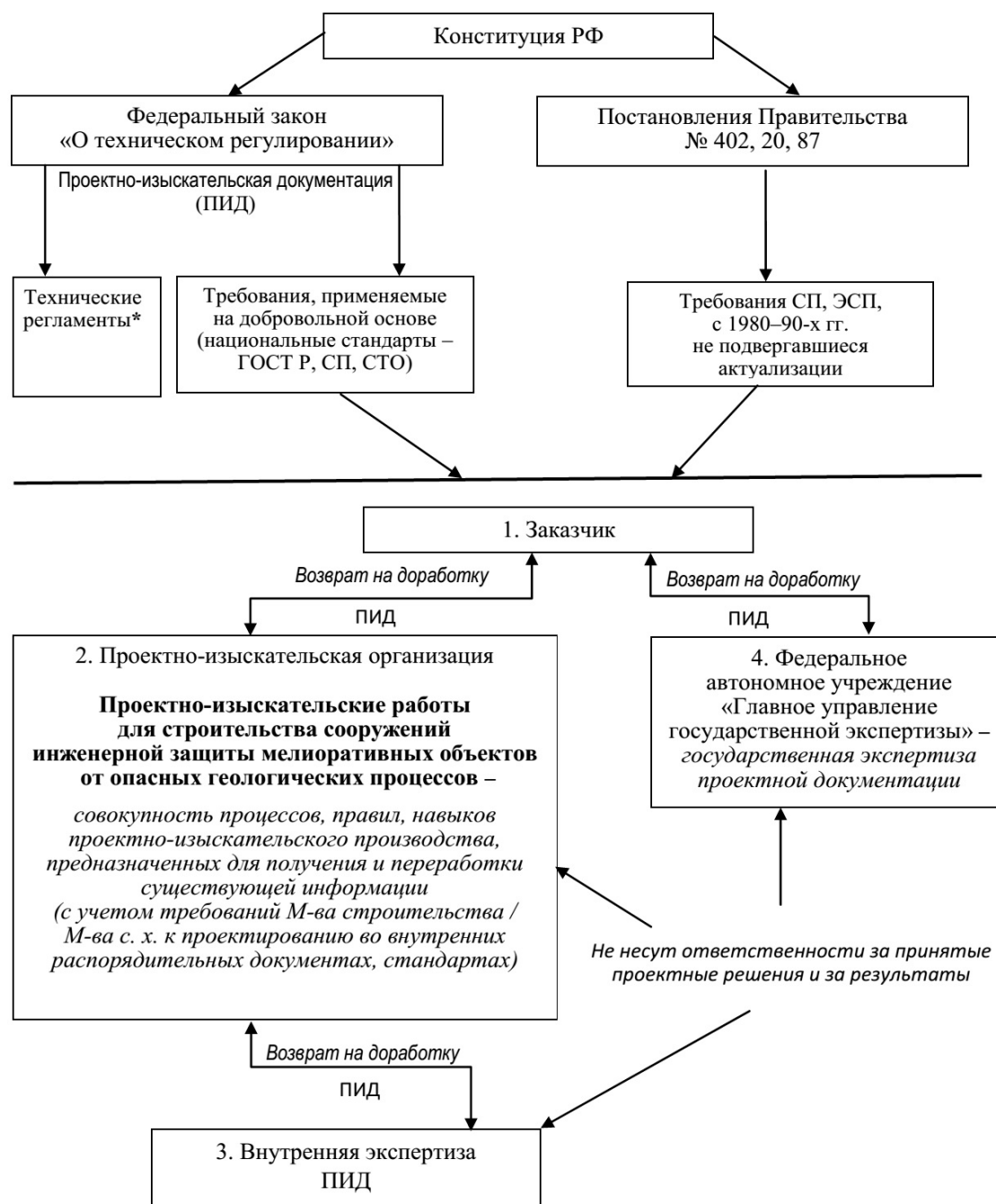
На первых стадиях анализа неупорядоченного текстового массива был использован метод контент-анализа, направленный на ранжирование такого текстового массива, где данные разнородны по содержанию и структуре [8]. Анализируемыми элементами текста являются такие концепты, как «проектно-изыскательские работы», «техническое регулирование», «инженерная защита», «мелиоративные объекты», «опасные геологические явления» и т. д.

На последующих этапах применялся метод парного сравнения (начиная с 1-го, самого низшего уровня иерархии). После попарного сравнения элементов внутри каждого уровня были определены различные взаимоотношения субструктурных элементов. При обнаружении дублирований, взаимоисключающих

требований, а также требований-эквивалентов часть из них была исключена. Внутри уровней, по факту проводимой оптимизации, было продолжено сопоставление структурных элементов каждого уровня с вышестоящими.

В результате исключения лишних элементов создана структура новой системы. Для любой системы, в том числе нормативных документов, характерны такие элементы, как основные положения, включающие цели систе-

мы; описание ее структурных компонентов; описание взаимосвязи между элементами и внешними системами. Достигнуть необходимого уровня качества нормативно-технического обоснования для проектирования сооружений и прилегающей к ним инфраструктуры возможно только при условии высокого порядка системности. Последующий менеджмент качества будет зависеть от состояния нормативно-технической базы данных.



*Примечание. Отсутствие технического регламента, устанавливающего требования к менеджменту качества проектно-исследовательской документации сооружений инженерной защиты мелиоративных объектов от опасных геологических процессов.

Рис. 1. Когнитивная карта взаимодействия между субъектами и объектами правового регулирования в сфере строительства инженерных сооружений

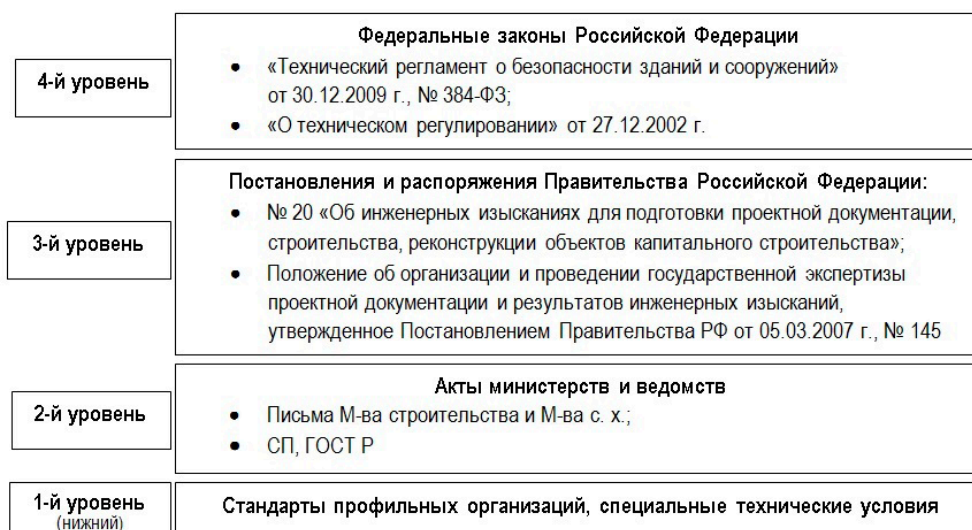


Рис. 2. Иерархическая структура нормативно-правовых и нормативно-технических документов в области проектно-изыскательских работ

Для российской науки и общества ввиду продолжительной реформы технического регулирования (чрезмерного количества бессистемно применяемых сводов правил, межгосударственных и национальных стандартов) актуален процесс создания эффективных систем нормативных документов. Так, в области

инженерной защиты мелиоративных объектов от опасных геологических процессов необходимы ревизия существующих нормативных документов и нормативно-техническое обоснование концепции реализации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Разработка концепции документов по стандартизации инженерной защиты мелиоративных объектов

При разработке действенной системы документов по стандартизации инженерной защиты мелиоративных объектов от опасных геологических процессов учитывалось, что в нашей стране в сфере технического регулирования и метрологии недостаточное внимание уделено проблемам склоновых процессов и различных методов борьбы с ними. Для формирования концепции нормативных документов, направленной на улучшение качества и безопасности сооружений инженерной защиты, необходим подробный анализ наиболее часто применяемых мероприятий и комплексов работ.

Анализ основных мероприятий инженерной защиты, направленных как на элиминацию наиболее опасных геологических процессов, так и целого ряда таковых, показывает, что наиболее рациональным и целесообразным способом обеспечения безопасности является проведение геотехнического мониторинга опасных геологических процессов. Выявление подвижек грунта и характеристика технического состояния сооружений – неотъемлемая

часть проектно-изыскательского комплекса, несмотря на то что в нормативно-технической документации регулярные геотехнические наблюдения выведены в отдельный вид работ. Логичным завершением мониторинга представляются не только уточнения инженерно-геологических изысканий, но и свод рекомендаций и предупреждений для конкретного объекта с целью наиболее эффективных проектных решений.

При проведении проектно-изыскательских работ важны данные об особенностях местности с пересеченным рельефом и значительных превышениях. Объекты мелиорации должны быть максимально безопасными. В рамках проекта для максимальной надежности следует принимать технические решения с завышенным запасом. Но бюджетное финансирование, как правило, ограничено, поэтому при проектировании необходимо в первую очередь определить рельеф местности, климатические, гидрогеологические, гидрологические и геологические условия площадки строительства будущего объекта, а также оце-

нить вероятность возникновения различных опасных процессов, которые могут привести к серьезным опасным последствиям, нанести весьма ощутимый ущерб (рис. 3).

Необходимой мерой инженерной защиты мелиоративных объектов от размыва горными реками являются берегозащитные мероприятия. К ним относятся подпорные берегозащитные стены из бетона и габионные сооружения (рис. 4). При проектировании сооружений из габионных конструкций важно не только определить их тип и геометрическую конфигурацию, но и оценить приблизительный срок их службы в зависимости от условий, в которых они будут эксплуатироваться. Так, срок службы проволоки с цинковым покрытием составляет в среднем 35 лет, а изделий с металлическим антикоррозийным покрытием с дополнительной полимерной оболочкой – более 75 лет.

Габионы – это универсальное инженерное решение, которое используется не только в качестве берегозащитного мероприятия, но

и как водопропускное, противоэрозионное, подпорное или противоселевое сооружение. Габионы разных типов могут применяться для различных целей: коробчатые – для устройства подпорных стен или упоров в откосных сооружениях, матрацно-тюфячные габионы – в качестве противоэрозионных креплений и противоразмывных фартуков в берегозащитных сооружениях.

Особенности конструкций такого типа габионов изложены в СП 425.1325800.2018⁸, при разработке которого учитывались результаты идентификации несоответствий проектно-испытательской документации требованиям нормативных документов.

Вопросы, касающиеся частностей проектирования и строительства габионных конструкций в составе берегозащитных мер инженерной защиты, рассмотрены в Отраслевом дорожном методическом документе 218.2.049-2015⁹ (далее – ОДМ).



Рис. 3. Оползень в п. Хоста

⁸ Инженерная защита территорий от эрозионных процессов. Правила проектирования: URL: СП 425.1325800.2018 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iprosoft.ru/docs/?nd=554403584&tab=20> (дата обращения 24.03.2024).

⁹ Рекомендации по проектированию и строительству габионных конструкций на автомобильных дорогах: ОДМ 218.2.049-2015 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iprosoft.ru/docs/?nd=1200125035&tab=51> (дата обращения 24.03.2024)

В мировой практике строительства габионные конструкции применяются более 100 лет. Что касается гармонизации, то технические условия ГОСТ Р 58120-2018 «Проволока стальная и изделия из проволоки для ограждений и сеток»¹⁰ не регламентируют порядок проектирования и расчета сооружений из габионов. Работа с данным ГОСТом невозможна по ряду причин. Во-первых, в нем преобладают ссылки на национальные стандарты европейских стран, касающиеся технических условий на производство изделий из проволоки, а также ее качественных характеристик и общих конструктивных требований. Во-вторых, в данном документе отсутствуют требования к материалам-заполнителям габионов, а также правила проведения испытаний такого вида конструкций. В-третьих, оформление этого ГОСТа не соотносится с требованиями ГОСТ Р 1.5-2012 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные.

Правила построения, изложения, оформления и обозначения»¹¹, так как списки в ГОСТ Р 58120-2018 приведены на английском языке, а качество изображений не соответствует уровню национального стандарта.

Скальные и полускальные грунты, из которых в основном и сложены горы, подвержены денудационным процессам, особенно выветриванию. Для защиты объектов от обвалов целесообразно применять гибкие улавливающие противообвальные сооружения (рис. 5). Концептуально это техническое решение представляет собой систему сеток, изготовленных из высокопрочной ($> 1770 \text{ Н/мм}^2$) проволоки. Спиральные свивки следует назначать, если производитель предполагает применять антикоррозионное покрытие из цветных металлов или нержавеющей стали, чтобы при различных климатических условиях сохранялась максимальная надежность.

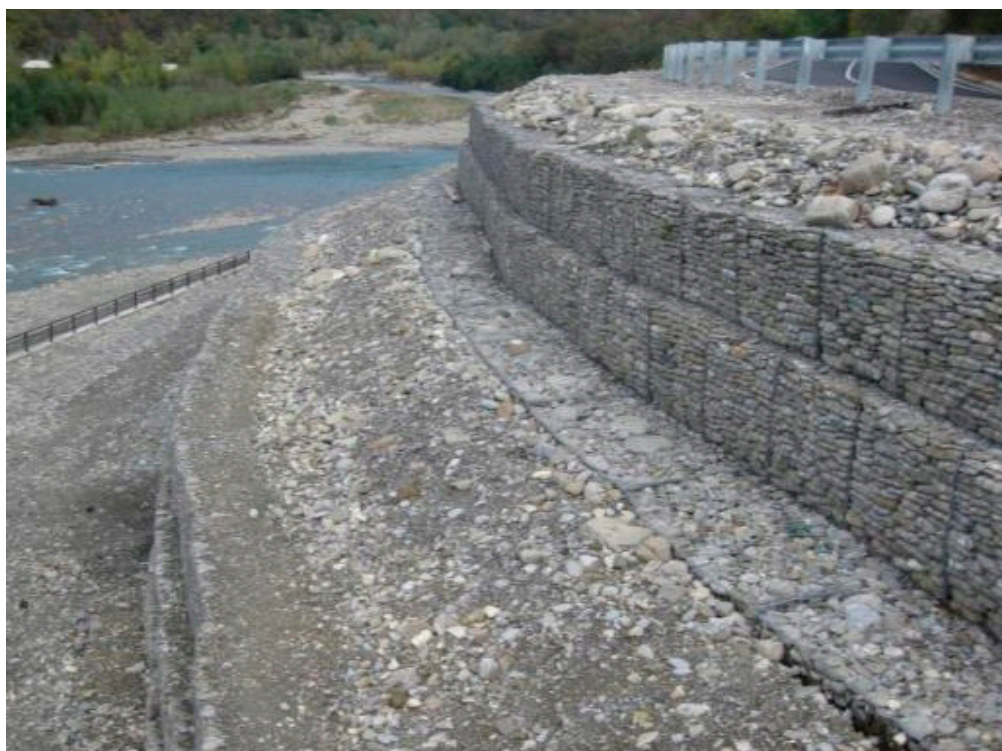


Рис. 4. Габионное берегоукрепление на р. Псезуапсе

¹⁰ Проволока стальная и изделия из проволоки для ограждений и сеток: ГОСТ Р 58120-2018 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iprosoft.ru/docs/?nd=554403584&tab=20> (дата обращения 26.03.2024).

¹¹ Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению: ГОСТ 1.5-2001 [Электронный ресурс]. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/6320/> (дата обращения 26.03.2024).



Рис. 5. Смонтированные гибкие улавливающие противообвальные сооружения в гп. Красная Поляна

Вопросы, касающиеся расчетов, проектирования и установки таких систем, изложены в ОДМ 218.2.098-2018 «Методические рекомендации по применению преднапрягаемой однородной системы укрепления склонов на основе стальной сети из высокопрочной ($>1770 \text{ Н/мм}^2$) проволоки»¹² и ОДМ 218.2.051-2015 «Рекомендации по проектированию и расчету противообвальных сооружений на автомобильных дорогах»¹³.

Для безопасной эксплуатации селеопасных участков предназначены противоселевые сооружения, которые разделяются по назначению на селезадерживающие, селепропускные, селенаправляющие, селестабилизирующие и селепредотвращающие конструкции. В зависимости от функции их также классифицируют по непосредственному местоположению (руслловые и склоновые). Склоновыми являются только селестабилизирующие тер-

расы, подпорные стены, дренажи, барражи и т. п. Классификация и правила проектирования противоселевых сооружений в полной мере рассмотрены в ОДМ 218.2.052-2015¹⁴.

Для достижения эффективности и наибольшей надежности данных конструкций необходимо предусматривать, согласно рекомендациям⁷, дополнительные меры – лесомелиоративные, мелиоративно-технические и организационно-хозяйственные. Например, используют устройство геоматов с заполнителем из грунта и посева многолетних трав. Такая система не только защитит склоны от эрозионных и гравитационных процессов с сопутствующим повышением экологических параметров, но и придаст им естественный вид [10, 11]. Также возможно устройство водозадерживающих и водоперераспределяющих траншей вдоль горизонталей на местности [12, 13], что ведет к повышению контрактных

¹² Рекомендации по проектированию и расчету противообвальных сооружений на автомобильных дорогах: ОДМ 218.2.051-2015 [Электронный ресурс]. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293759/4293759626.pdf> (дата обращения 28.03.2024).

¹³ Методические рекомендации по применению преднапрягаемой однородной системы укрепления склонов на основе стальной сети из высокопрочной ($> 1770 \text{ Н/кв. мм}$) проволоки: ОДМ 218.2.098-2018 [Электронный ресурс]. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293732/4293732522.pdf> (дата обращения 28.03.2024).

¹⁴ Методические рекомендации по проектированию и строительству противоселевых сооружений для защиты автомобильных дорог: ОДМ 218.2.052-2015 [Электронный ресурс]. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293759/4293759625.pdf> (дата обращения 28.03.2024).

сроков. В связи с этим требуется нормативно-техническая документация как источник исходных данных для формирования технического задания на проектно-изыскательские работы.

При многообразии инженерно-технических решений, варьирующихся с учетом генезиса и природы опасных геологических процессов, не представляется возможным создать универсальный метод инженерной защиты мелиоративных объектов. Необходимо детальное изучение геологической ситуации и вариативное проектирование с последующей оценкой технико-экономической составляющей строительного процесса, чтобы сделать приоритетным применение сооружений из армогрунта, а не внедрение подпорных стен на свайно-анкерном основании.

Экономически обоснованным будет проведение полноценного комплекса работ, включающего: геотехнический мониторинг участков с развитием опасных геологических процессов; полную программу инженерных изысканий; разработку нескольких вариантов мероприятий инженерной защиты и определение их экономической целесообразности; формирование перечня рекомендаций к последующей эксплуатации объекта. Как показывает практика, каждый из названных этапов работы нуждается в систематичном контроле качества, порядок которого должен быть определен соответствующими разделами на уровне национальных стандартов (ГОСТ Р).

Инженерная защита – понятие комплексное и многогранное. Инженерные изыскания, длительный и кропотливый мониторинг, проектирование, строительство с использованием передовых технологий, эксплуатация – все это крупномасштабные разделы для стандартизации. Очевидно, что отечественная нормативная база располагает нормативной документацией для проектирования, расчетов и строительства мероприятий инженерной защиты.

Правительство Российской Федерации взяло курс на существенное повышение конкурентоспособности отечественной экономики,

что придает особую актуальность процессу гармонизации национальных и международных стандартов. Однако евростандарты регламентируют более эффективные и менее материалоемкие методы строительства.

На территории России в ходе строительства повсеместно применяются грунтовые анкеры. В последние годы приобрели популярность нагельные сооружения и микросваи. Все эти конструкции можно объединить под общим термином «буроинъекционные трубчатые системы» (далее – БИТС). В отечественной практике национальные и межгосударственные стандарты в области проектирования БИТС к настоящему времени не разработаны.

В 2016 г. осуществлен перевод европейских норм EN 14199:2005 *Micropiles. Rules of production of works* в виде ГОСТ Р 57342-2016 «Микросваи. Правила производства работ»¹⁵. Однако его прямое применение оказалось невозможным, так как документ является продуктом европейской нормативной системы и источниками тесно увязан именно с ней. Этот ГОСТ ориентирован исключительно на производство работ, а не на сам продукт.

Многие объекты стандартизации, которые были регламентированы в рамках политики гармонизации, имеет смысл усовершенствовать в рамках отдельных комплексов нормативных документов. Комплексы национальных стандартов следует создавать, опираясь не только на отечественную практику применения, но и на зарубежный опыт, но при этом плотно увязывая их с существующими нормативами на продукцию и технические условия. Соответственно, комплексы таких нормативных документов по отдельно взятым конструкциям и мероприятиям должны освещать такие вопросы, как порядок расчета, требования к материалам комплектующих, их размеры и антикоррозионная защита, указания к порядку выполнения строительно-монтажных работ по устройству с последующим контролем качества, испытания и правила эксплуатации.

В предлагаемой концепции возможно выделить следующие области стандартизации инженерной защиты:

¹⁵ Микросваи. Правила производства работ (EN 14199:2005, Execution of special geotechnical work — Micropiles, IDT): ГОСТ Р 57342-2016 / EN 14199:2005 [Электронный ресурс]. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293749/4293749307.pdf> (дата обращения 29.03.2024).

- опасные геологические процессы;
- сооружения и мероприятия инженерной защиты;
- геотехнический мониторинг.

В подраздел – или, как показано в информационном указателе нормативных документов Федерального дорожного агентства, 3-ю классификационную ступень, которая отражает вопросы безопасности, – следует включить проекты национальных стандартов (ГОСТ Р). Причем данная ступень имеет потенциал к пополнению стандартами, характеризующими предмет изысканий в зонах, где происходят суффозионные, денудационные и карстовые процессы. Этот подраздел возможно дополнить требованиями к изысканиям в тех районах, где развиваются опасные геологические процессы.

Раздел сооружений инженерной защиты должен стать полноценным сборником руководств по общим техническим условиям, проектированию, строительству и последующей эксплуатации различных конструкций. Габрионные, свайные, гравитационные стены, шпунтовые сваи и прочие инженерные сооружения необходимо регулировать по документам 3-й классификационной ступени, что позволит выстроить менеджмент качества проектно-изыскательской документации сооружений инженерной защиты на нормативно-правовом уровне.

В подраздел «мероприятия инженерной защиты» следует ввести перечни всевозможных общепринятых способов инженерной защиты, а также общие к ним требования. С их помощью легко ориентироваться в организации защиты и укрепления объектов мелиорации и водного хозяйства (в труднодоступных для масштабной строительной техники местах или там, где реализация колоссальных и кардинальных мероприятий была бы экономически нецелесообразной). В ходе этих трансформаций появится закрепленный на нормативно-правовом уровне перечень, на основании которого возможно принимать наиболее эффективные с различных отраслевых точек зрения решения.

Для снижения всевозможных рисков, связанных с потерей работоспособного состояния сооружений инженерной защиты, следует закрепить правила проведения геотехнического

мониторинга. В подраздел «геотехнический мониторинг» целесообразно включить проекты стандартов по геотехническим наблюдениям за сооружениями инженерной защиты.

Анализ имеющихся архивных материалов по ликвидации последствий опасных геологических явлений и процессов показал, что и с точки зрения социального, и экономического рисков к основным опасным геологическим проявлениям относятся:

- оползневые подвижки (в том числе оползни, вызванные сейсмическими воздействиями);
- обвалы и камнепады;
- селевые потоки.

В ходе управленческих и инженерно-технических процессов, направленных на предотвращение геологических катастроф, вероятно снижение качества конечного продукта (проектно-изыскательской документации) и снижение уровня безопасности. Установлены основные проектно-изыскательские работы, при проведении которых необходимо соблюдать основные положения профильных нормативно-технических документов 2-го уровня (рис. 3), то есть:

- геотехнический мониторинг;
- оценку оползневых рисков;
- оценку сейсмического воздействия;
- соответствие применяемых материалов специфике проводимых работ;
- проектирование;
- строительно-монтажные работы;
- эксплуатацию;
- применение инновационных технологий и технических решений;
- оценку и управление качеством проектно-изыскательских работ.

Отсутствие документов по стандартизации в области инженерной защиты мелиоративных объектов затрудняет работу органов управления, проектных и подрядных организаций. На основании анализа существующей документации по стандартизации и разработанной классификации несоответствий проектно-изыскательской документации нормативно-техническим требованиям предлагаются нижеследующие научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы для обеспечения единой научно-технической политики (рис. 6).

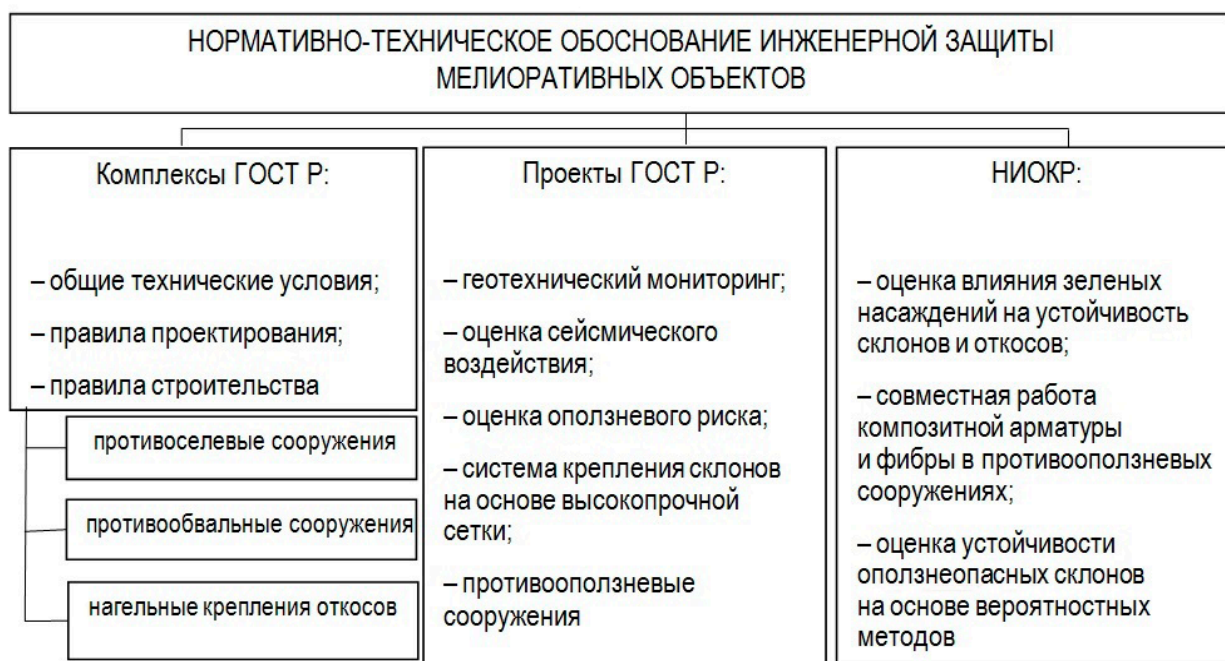


Рис. 6. Порядок реализации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в рамках совершенствования системы стандартизации инженерной защиты мелиоративных объектов

Выводы

Разработка методов создания эффективных отраслевых систем нормативных документов, в том числе в отрасли инженерной защиты объектов водного хозяйства, – актуальнейшая задача в условиях обновления государственной системы стандартизации в Российской Федерации. Высокое качество нормативной

документации для реализации проектно-исследовательских работ обеспечивается наличием системных связей и общей цели, направленной на повышение надежности конечного продукта. Нормативная документация является главным методом обеспечения качества проектно-исследовательской документации.

Библиографический список

1. Шерхов, А. Х. База данных селевых явлений. Реализация поисковых запросов / А. Х. Шерхов, З. Ж. Гергокова // Природообустройство. – 2023. – № 4. – С. 86–91. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-4-86-91>
2. К вопросу создания электронных баз данных по типовым проектным решениям мелиоративных систем и сооружений / В. Н. Щедрин, В. И. Коржов, А. А. Белоусов, А. В. Шевченко, Т. В. Матвиенко, А. Б. Белоусов // Науч. журн. Рос. НИИ проблем мелиорации. – 2019. – № 2 (34). – С. 121–136. <https://doi.org/10.31774/2222-1816-2019-2-121-136>
3. Подходы к формированию информационной системы «Цифровая мелиорация» / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, В. В. Слабунов, А. В. Слабунова, А. А. Завалин // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2020. – № 1. – С. 53–64. <https://doi.org/10.14357/20718632200106>
4. Щедрин, В. Н. Принципы и подходы к формированию нормативной базы мелиоративного комплекса России / В. Н. Щедрин, В. В. Слабунов // Науч. журн. Рос. НИИ проблем мелиорации. – 2011. – № 3 (3). – С. 1.
5. Аспекты формирования нормативной базы мелиоративного комплекса России / В. Н. Щедрин, Г. А. Сенчуков, В. В. Слабунов, А. А. Чураев // Науч. журн. Рос. НИИ проблем мелиорации. – 2012. – № 3 (7). – С. 1–27.

6. Слабунов, В. В. Функциональные взаимосвязи инновационных механизмов развития с системой типовой проектной документации мелиоративных объектов / В. В. Слабунов, А. А. Кириленко, О. В. Воеводин // Изв. Нижневолж. агроуниверситет. комплекса «Наука и высшее профессиональное образование». – 2021. – № 2 (62). – С. 475–482.
7. Воеводин, О. В. Организационная структура системы типового проектирования мелиоративных объектов / О. В. Воеводин, В. В. Слабунов, А. А. Кириленко // Науч. журн. Рос. НИИ пробл. мелиорации. – 2021. – Т. 11, № 1. – С. 1–13. <https://doi.org/10.31774/2222-1816-2021-11-1-1-13>
8. Дмитриев, И. В. Контент-анализ: сущность, задачи, процедуры [Электронный ресурс] / И. В. Дмитриев // Пси-Фактор. – Режим доступа: <http://www.psyfactor.org/lib/kontent.htm>. – Дата доступа: 22.03.2024.
9. Анфилатов, В. С. Системный анализ в управлении : учеб. пособие / В. С. Анфилатов, А. А. Емельянов, А. А. Кукушкин. – Москва : Финансы и статистика, 2006. – 368 с.
10. Исследование возможности применения инженерно-экологического противоэрозийного покрытия – геомата с грунтом и посевом трав / Т. Ю. Жукова, А. В. Еремеев, Н. В. Ханов, М. И. Зборовская, А. И. Новиченко // Экономика строительства. – 2022. – № 11. – С. 95–101.
11. Слабунова, А. В. Способ защиты склонов от водной эрозии / А. В. Слабунова, В. В. Слабунов // Изв. Нижневолж. агроуниверситет. комплекса «Наука и высшее профессиональное образование». – 2021. – № 3 (63). – С. 388–396. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2021-03-40>
12. Способ защиты склонов от водной эрозии : пат. РФ № 2020125737 / С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко, А. В. Слабунова, В. В. Слабунов. – Опубл. 14.04.2021.
13. Способ задержания поверхностного стока : пат. РФ № 2020130317 / Ю. Е. Домашенко, А. В. Слабунова, В. В. Слабунов, А. П. Суровикина. – Опубл. 19.07.2021.

Поступила 25 июня 2024 г.

АНАЛИЗ ПРИЧИН СНИЖЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ОПЫТА ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

А. И. Митрахович¹, кандидат технических наук

Е. А. Давыдов¹, начальник производственного участка

И. Ч. Казмирук², кандидат технических наук

¹РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

Аннотация

Представлен обзор причин ухудшения эффективности осушительных мелиораций в различных природных условиях в Беларуси и за рубежом. Указываются условия, при которых происходит снижение интенсивности действия мелиоративных систем (в частности, уменьшение коэффициента фильтрации грунтов в подпахотном слое в результате длительной эксплуатации мелиоративных систем), и такая редко анализируемая причина, как деградация почвы, то есть ее обесструктурирование, зависящее от ряда факторов. Показана дифференциация дренажных систем по факторам работоспособности и степени осушения. Рекомендуются мероприятия по созданию требуемого водного режима почв, способные улучшить осушительное действие дренажа на объектах реконструкции.

Ключевые слова: водный режим, глубокое рыхление, коэффициент фильтрации, кротовый дренаж, мелиоративная система, реконструкция, уровень грунтовых вод.

Abstract

A. I. Mitrakhovich, E. A. Davydov, I. Ch. Kazmiruk

ANALYSIS OF THE REASONS FOR REDUCED EFFICIENCY OF DRYING SYSTEMS TAKEN INTO ACCOUNT OF THEIR OPERATING EXPERIENCE

The article presents an overview of the reasons for the deterioration in the efficiency of drainage melioration in various natural conditions in the Republic and abroad. The conditions under which the intensity of the melioration systems decreases (in particular, the filtration coefficient in the subsoil layer decreases as a result of long-term operation of melioration systems are indicated) and a such rarely analyzed reason as soil degradation, i. e. its destructuring, depending on a number of factors, are given. The differentiation of drainage systems by factors of performance and degree of drainage is given. The measures for creating the required water regime of soils, capable of improving the drainage effect of drainage at reconstruction sites, are recommended.

Keywords: water regime, deep loosening, filtration coefficient, mole drainage, drainage system, reconstruction, groundwater level.

Введение

Повышение эффективности, надежности и экономичности мелиоративных систем по регулированию водного режима почв во все времена являлось актуальной задачей мелиоративной отрасли Беларуси. Преобразование естественного режима переувлажненных почв в оптимально возможный, получение устойчивых высоких урожаев достигаются путем осушения. Это особенно важно для регионов, где сельскохозяйственное производство базируется на интенсивном использовании земель.

Многие мелиоративные системы в силу ряда причин не всегда обеспечивают требуемый водный режим, что приводит к существенным потерям урожая, поэтому необходи-

мо периодически проводить реконструкцию осушительной сети. Потери урожая происходят вследствие гибели растений, угнетения их избыточной влагой в период роста и развития или несвоевременного посева в оптимальные сроки и поздней уборки урожая. Весьма важно при этом установить причины недостаточной эффективности работы системы, предложить мероприятия по восстановлению ее функционирования и разработать новые конструктивные решения.

При решении указанных задач необходимо проанализировать опыт, накопленный наукой и практикой, чтобы оценить эффективность и надежность конструкций мелиоративных систем в условиях, близких к условиям нашей

страны, с учетом современных достижений науки. Большая работа по оценке эффективности осушения была проведена в Белорусском НИИ мелиорации и луговодства в конце 1990-х гг.

На основе результатов многолетних исследований представим аналитический обзор некоторых причин снижения эффективности осушительной способности дренажа, которые характерны для условий нашей страны.

Так, одной из них является изменение коэффициента фильтрации дренажных засыпок во времени. При этом, к сожалению, практи-

чески не учитывается такой показатель, как деградация почв, что представляется неверным. Помимо этого, полагаем актуальной технологию глубокого рыхления почвы в силу ее эффективности (ниже приведена специфика его проведения). Подчеркнем также целесообразность исследования качества осушения объектов и их мелиоративного состояния как одного из важнейших показателей при определении степени необходимости реконструкции систем.

Результаты исследований и их обсуждение

Эффективность работы дренажной системы зависит от многих факторов. Само понятие «эффективность» требует уточнения и перевода на язык цифр и технических терминов. Для дренажных систем как элементов мелиоративных устройств ставятся определенные задачи, из них и следует исходить.

При рассмотрении работы систем в условиях Беларуси на первый план выходит осушительная роль дренажа, поскольку подпочвенное увлажнение в последнее время применяется редко – главным образом, из-за дефицита воды в открытых каналах в засушливый период при отсутствии иного гарантированного водоисточника. Поэтому эффективность работы дренажа конкретизируется только его осушительным действием, то есть интенсивностью отвода избыточных вод с мелиорированной территории. При этом ставится двойная задача:

- создать благоприятный водный режим для роста сельскохозяйственных культур;
- обеспечить несущую способность грунта для прохождения сельскохозяйственной техники, осуществляющей посев, уход и вывоз полученного урожая.

В обоих случаях эти задачи решаются снижением уровней грунтовых вод (далее – УГВ) до определенных значений. В первом случае это величина переменная и связана с изменчивостью требований растений в течение сезона к водному режиму. Для некоторых культур (озимых, многолетних трав) эти требования распространяются не только на летний период, но и на весь год. Далее задача обеспечения проходимости техники относится, главным образом, к весеннему периоду, то есть

к подготовке почвы и севу яровых культур. В вегетационный период требования к водному режиму осушаемой территории и обеспечению несущей способности в основном совпадают. Из технологий сельскохозяйственного производства на это время приходится операции не только по подкормке растений, но и защите их от болезней и вредителей. Сложности при уборке урожая возникают только при затяжных осенних дождях.

Таким образом, эффективность дренажа определяется его возможностью создать и поддерживать УГВ на определенных глубинах для заданных периодов года.

Нормативными документами установлены расчетные и допустимые (указаны в скобках) значения УГВ (нормы осушения) на торфяниках [1]:

- для сенокосных земель в предпосевной период – 0,4 (0,6) м; в вегетационный для торфянисто-глеевых и торфяно-глеевых почв – 0,6 (1,0) м, для торфяных почв – 0,8 (1,2) м; для пастбищ – 0,5 (0,8) м в предпосевной период, в вегетационный – 0,7 (1,0) и 0,9 (1,2) м соответственно;
- при зернотравяных севооборотах с преобладанием зерновых в предпосевной период 0,5 (0,8) м, в вегетационный для торфянисто-глеевых и торфяно-глеевых почв – 0,8 (1,2) м, для торфяных почв – 1,0 (1,4) м;
- при зернотравяных севооборотах с преобладанием трав в предпосевной период 0,5 (0,8) м, в вегетационный для торфянисто-глеевых и торфяно-глеевых почв – 0,7 (1,1) м, для торфяных почв – 0,8 (1,3) м.

На минеральных землях требования к УГВ колеблются в пределах от 0,3 (0,7) м в пред-

посевной период до 0,6 (1,4) м в вегетационный в зависимости от сельскохозяйственного использования осушаемых земель.

Крайне сложно обеспечивать интенсивность осушения (то есть время, за которое УГВ должны опускаться до нормы осушения):

а) в весенний период для пашни и пастбища ~ 10 сут., для сенокосов ~ 15 сут.;

б) в летне-осенний период это время определяется допустимыми сроками затопления поверхности и подтопления корнеобитаемого слоя дождевыми водами с собственного водосбора.

При этом дренажные системы должны отводить воду с расходом, измеряемым обслуживаемой площадью и модулем дренажного стока. В свою очередь модуль дренажного стока определяется объемом среднегодовых осадков, видом грунтов, уклоном поверхности, типом водного питания.

К слабопроницаемым почвам относятся почвы, коэффициент фильтрации которых менее 0,1–0,3 м/сут. В большинстве случаев это почвы, содержащие более 50 % глинистых или илистых частиц. Как показывают расчеты, дренажная сеть на таких почвах должна быть чрезвычайно густой – от 0,5 до 5 м, и поэтому на них эффективность осушения обеспечивается за счет усиления трубчатого дренажа фильтрующими засыпками или его комбинации с беструбчатой сетью, организацией поверхностного стока. Об эффективности закрытого дренажа для осушения слабопроницаемых минеральных почв высказываются противоречивые мнения, обусловленные в основном различной оценкой роли пахотного и подпахотного горизонтов в формировании дренажного стока.

По данным английского исследователя Р. Кеннелла [2], в Великобритании установлено, что подъем уровня почвенно-грунтовых вод до 10–20 см от поверхности в декабре – апреле снижает урожай озимой пшеницы на 18–21 %, и поэтому его нужно поддерживать на глубине не менее 50 см. На участке с кротовым дренажем глубиной 50–60 см, проложенным через 2 метра и выведенным в гравийную засыпку трубчатых дрен, урожай увеличился на 25 %.

Осушение тяжелых переувлажненных почв в зоне муссонного климата (Дальний

Восток) проводится с учетом рельефа местности: на выровненных склонах с уклоном более 0,005–0,007 рекомендуются открытые каналы, ложбины и выводные борозды, сочетающиеся с агромелиоративными мероприятиями: гребнями, грядами на пропашных культурах, глубоким рыхлением и кротованием [3]. На участках со сложным микрорельефом дополнительно устраивается выборочный дренаж для отвода воды из замкнутых западин с засыпкой дренажной траншеи в самых низких местах фильтрующим материалом. На слабосточных массивах (пашня) строится систематический дренаж с глубиной закладки дрен 0,8–0,9 м при междренном расстоянии 10–12 м. В самых низких местах устраивается засыпка дрен до верха дренажной траншеи хорошо фильтрующим материалом. В средние по влажности годы эти приемы повышали урожай на 20–25 %.

Белорусскими учеными установлено, что в экстремальные периоды (1985 г.), когда осадки превышали среднемноголетнюю месячную норму в 2,5–3,5 раза, в Шарковщинском р-не Витебской обл. средняя урожайность зерновых на немелиорированных землях была 21–35 ц/га, а на мелиорированных – 30–33 ц/га. Однако можно считать, что мелиоративная сеть во влажные периоды недостаточно быстро справляется с такой ненормативной нагрузкой по отводу поверхностных вод и переводу поверхностного стока во внутрпочвенный через дренажную засыпку на землях с преимущественно атмосферным водным питанием.

Интенсивность осушения отсутствует по многим причинам – как конструктивного, так и эксплуатационного характера. Например, исследованиями ВНИИГиМ установлено, что коэффициент фильтрации дренажной засыпки в период строительства составлял 0,98 м/сут., через 3 года – 0,50 и через 10 лет – 0,3 м/сут., а грунта в междренье – 0,06, 0,08, 0,1 м/сут., то есть практически не изменялся [4].

На тяжелых почвах Московской обл., где $K_{\phi} > 0,05$ м/сут., рекомендовалось устраивать дренаж глубиной 1,2–1,4 м с расстоянием между дренами 15–20 м и глубоким рыхлением, исключая понижения, на 60–80 см с расстоянием 1,2–1,3 м. Глубокое рыхление дает прибавку урожая на 15–20 % и окупается в

первый год [5], однако его нежелательно проводить при аккумуляции поверхностного стока в горизонтах почвенного профиля и интенсивном вторичном заболачивании в результате рыхления недrenированных оглеенных почв [6].

В периодическом рыхлении или кротовании на глубину 45–50 см нуждаются те почвы, в верхней полуметровой толще которых имеется переуплотненный слой, являющийся относительным водоупором [7].

Глубокое рыхление в сравнении с кротованием увеличивает водопроницаемость почвы в 2–3 раза. Эффект кротования сохраняется 2 года, рыхления – 3–4 года. Исследователи рекомендуют химмелиоранты [8]. Эффект засыпки траншеи вынутым грунтом сохраняется 1–2 года, засыпки гравием – 10–15 лет [9].

Рассмотренные мероприятия значимы при реконструкции мелиоративных систем и в настоящее время.

Одним из регионов с большими площадями переувлажненных минеральных земель является Прибалтика. В частности, в Эстонии в 1983 г. было переувлажнено более 52 % земель, причем временно переувлажненные минеральные почвы составляли 80 %, а постоянно переувлажненные торфяно-глеевые и торфяные – 20 % [10]. Качество осушения и мелиоративное состояние осушенных земель в этом регионе длительный период изучалось учеными Эстонского научно-исследовательского института земледелия и мелиорации. В результате были установлены ошибки, допущенные при проектировании, строительстве и эксплуатации осушительных систем и в сельскохозяйственном использовании земель, и в то же время разработаны мероприятия, повышающие эффективность мелиорации. Также были проведены полевые исследования для проверки интенсивности осушения, в ходе которых устанавливались параметры дренажных систем, природные характеристики, регулярно измерялись дренажный сток и глубина залегания грунтовых вод над дренами и в середине между ними. На основе обработки данных были построены графики зависимости положения УГВ от модуля стока, по которым определялась фактическая интенсивность осушения. Было установлено, что реальная интенсивность осушения часто не соответствует нормативной и в результате 2–3 % дренажных

систем не работают, 20 % систем пересушены, 45 % – недоосушены. Интенсивность осушения, близкая к нормативной, достигнута только на 30–35 % систем.

В экстремальные по влажности 1975-й и 1981-й гг., при обеспеченности осадками 1–2 % и близким к нормативам значениям модуля дренажного стока на 8 % осушенной площади, культуры полностью погибли от переувлажнения, на 10 % площади получена низкая урожайность. Основная причина избыточного увлажнения – верховодка. Ее возникновение обусловлено уплотнением почвы и подпочвенного горизонта при проведении как мелиоративных, так и полевых работ в дождливое время, незначительным объемом глубокого рыхления, ограниченным применением удобрений и др. Норма модуля дренажного стока зависит от степени переувлажнения. Для полугидроморфных почв она равна 0,03–0,08 л/с с га, а для гидроморфных – 0,1–0,15 л/с с га.

Укажем причины недоосушения, кроме строительного брака: нарушение требований к техническим условиям строительства дренажа; ошибки при оценке водопроницаемости супесчаных и пылеватых грунтов (вместо коэффициента фильтрации грунта 0,2–0,3 м/сут. в расчетах принят 0,4–1,0 м/сут.) – выбор расчетных схем дренажа; чрезмерное уплотнение подпочвенного горизонта тяжелыми сельскохозяйственными машинами. В земледелии Эстонии использовались преимущественно тяжелые колесные трактора. Под действием сельскохозяйственной техники уплотнение грунтов происходит на значительную глубину и, как следствие, снижается коэффициент фильтрации грунтов. Исследования показали, что уплотнение грунтов распространяется на глубину 1 м и более. Вибрационная волна от их движения по полю затухает в грунте на глубине более 1 м. В связи с этим неизбежно увеличение минимально допустимой глубины закладки дрен до 1 м и периодическое проведение глубокого рыхления на всех осушенных минеральных почвах.

Недостаточная защитная способность стеклохолста, особенно при высоком УГВ, приводит к быстрой кольматации стыков труб или материала, и в результате депрессионная кривая нависает над дренажной в минеральных грунтах при наличии верховодки в среднем на

0,2 м, в торфе – на 0,4–0,5 м. Не обеспечивало должного эффекта применение в качестве защитных материалов соломы, опилок, щепы [10]. Отмечалась также зависимость недоосушения от степени заболоченности почвы. На почвах с признаками оглеения от вымокания погибает 7 % посевов, а на торфяных почвах – 25 %. Поэтому при расчете расстояний между дренами в минеральных почвах следует учитывать степень их оглеения.

При исследовании систем через 10–15 лет их дальнейшего функционирования было установлено, что интенсивность осушения минеральных почв со временем снижается: в суглинках и супесчаных – на 2 % в год, в песчаных – на 4 %. Следовательно, необходимость реконструкции таких систем из-за снижения эффективности осушения возникает через 20–30 лет после ввода в эксплуатацию, что значительно раньше предполагаемого срока их амортизации.

Уход за осушительными системами требует совершенствования, так как отдельные виды эксплуатационных работ могут проводиться только специализированными организациями.

Промывка дренажных линий – наиболее эффективная мера предотвращения от закупоривания, однако при проектировании дренажа следует применять наиболее простую конфигурацию, размеры осушаемого участка, длину дрен – не более 200 м. В сложных гидрологических условиях следует проектировать одиночные дренажи большого диаметра.

Выяснением причин ухудшения работы дренажа занимались ученые Белорусской сельскохозяйственной академии Л. И. Кумачёв и др. [11]. В результате проведенных ими обследований было выявлено во многих случаях заиливание дренажных труб, заполнение их корнями растений, уменьшение коэффициента фильтрации грунтов, подстилающих пахотный слой.

Очистить дренажи, забитые корнями растений, весьма сложно [12]: это относится в основном к гончарному дренажу и одной из причин его выхода из рабочего состояния. Академиком ВАСХНИЛ Н. И. Вавиловым [13] получены данные о том, что корневая система кукурузы, проса, зерновых, бобовых, кострца, подсолнечника и других растений дости-

гает глубины 2–3 и более метров, то есть они могут проникнуть внутрь дренажных труб.

Ученые пришли к выводу, что главной причиной снижения осушительного действия дренажа является уменьшение коэффициента фильтрации грунтов, подстилающих пахотный слой [14]. Происходит это в течение 20–30 лет эксплуатации осушаемых земель в результате деградации почвы – ее обесструктурирования. Хорошая оструктуренная почва состоит из мелких комочков, скрепленных гумусом, не размываемых дождями и обеспечивающих хорошее соотношение в ней содержания влаги и воздуха. Именно благодаря этому почва является плодородной.

При высоких урожаях более 50 ц/га содержание гумуса в почве уменьшается, почвенные комочки без гумуса легко размываются каплями дождя, превращаясь в бесструктурную массу. Образуется почвенная корка, снижается содержание воздуха в почве, и уменьшается урожай. Такая почва называется бесструктурной (или деградированной). Деградации почвы способствует ее вспашка с оборотом пласта вследствие ускоренной минерализации гумуса и гибели почвенной биоты, что ухудшает условия произрастания растений.

В представленном обзоре причин снижения эффективности мелиоративных мероприятий приведена рациональная аргументация для специалистов. И в нынешних условиях целесообразно было бы применять, например, разработанную эстонскими учеными методику по оценке осушительного действия мелиоративных систем, которая позволила бы более достоверно и конкретно, пообъектно проводить их реконструкцию, а также планировать ее объемы. Это же касается и учета деградации почвы при проектировании мелиоративных систем.

Нельзя не отметить, что отечественные специалисты недостаточно активно продвигают потенциал мелиоративной науки в интересах сельскохозяйственного производства. Желательно было бы более настойчиво популяризировать наработки, ориентированные на получение дополнительной сельскохозяйственной продукции за счет увеличения количества полевых рабочих дней на протяжении вегетационного периода растений.

Выводы

На основе анализа результатов отечественных и зарубежных исследователей, которые изучали формирование водного режима и мелиоративной обстановки на объектах со слабопроницаемыми почвами, сделаны следующие выводы.

1. На слабопроницаемых почвах отмечается периодичность действия дренажа в течение года в условиях преимущественно атмосферного водного питания; она обусловлена неравномерностью выпадения осадков.

2. Главный показатель работоспособности дренажа – модуль дренажного стока, но определять его в натурных условиях крайне сложно. При этом одним из параметров, влия-

ющих на дренажный сток, является коэффициент фильтрации засыпки дренажной траншеи.

3. В ходе анализа научных источников, характеризующих способы и устройства, усиливающие эффективность дренажных систем, установлено, что наиболее сложным вопросом является осушение замкнутых понижений.

4. Указаны условия, при которых снижается интенсивность действия мелиоративных систем и дается дифференциация дренажных систем по степени работоспособности и осушения.

5. Рекомендуются технические и агрометеорологические мероприятия по улучшению осушительного действия дренажа.

Библиографический список

1. Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования : ТКП 45-3.04-8-2005. – Введ. 01.11.05. – Минск : Минстройархитектуры, 2006. – 106 с.

2. Cannell, R. Q. A study of mole drainage with simplified cultivation for autumn-sown crops on a clay soil / R. Q. Cannell, D. G. Christian, F. K. G. Henderson // Soil and Tillage Research. – 1986. – Vol. 7, Iss. 3. – P. 251–272.

3. Черноухов, А. М. Пути повышения эффективности мелиорации тяжелых переувлажненных почв Дальнего Востока / А. М. Черноухов // Интенсификация растениеводства на Дальнем Востоке : сб. науч. ст. ВАСХНИЛ, Сибир. отд-ние ДальНИИСХ. – Новосибирск, 1985. – С. 12–18.

4. Осушение земель в гумидной зоне СССР : сб. тр. / ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова ; науч. ред. Е. П. Панов. – Москва : ВНИИГиМ, 1983. – 126 с.

5. Зайдельман, Ф. Р. Мелиорация почв : учебник / Ф. Р. Зайдельман. – 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Изд-во МГУ, 2003. – 448 с.

6. Зайдельман, Ф. Р. Генезис и экологические основы мелиорации почв и ландшафтов / Ф. Р. Зайдельман. – Москва : Изд-во МГУ, 2009. – 752 с.

7. Возможность оценки мелиоративного состояния осушенных земель по некоторым физическим свойствам почв / А. Ю. Перцович, О. Л. Веденин, Ф. Н. Козырев, В. Н. Погребняк // Проблемы проектирования, строительства и использования мелиоративных мероприятий в различных почвенно-климатических зонах Ленинградской области : сб. науч. тр. ; под ред. В. Н. Кузнецова. – Ленинград, 1988. – С. 20–28.

8. Лукьянас, А. Л. Эффективность мероприятий по улучшению притока воды к дренам в тяжелых грунтах / А. Л. Лукьянас, Б. И. Блажис, В. Б. Шаулис // Осушение и окультуривание минеральных земель гумидной зоны : тез. докл. – Таллин : Агропром ЭССР, 1983. – С. 8–9.

9. Backfill alteration effects on pipe drainage of a clay soil // Advances in drainage // G. S. Taylor, S. S. Hundal, N. R. Fausey, G. O. Schwab // Agric. Res. & Development Center. Wooster. – 1981. – N 138–80. – P. 139–148. <https://doi.org/10.2136/sssaj1981.03615995004500030034x>

10. Томберг, У. Х. Мелиоративное состояние осушенных земель в Эстонской ССР / У. Х. Томберг // Гидротехника и мелиорация. – 1983. – № 8. – С. 32–34.

11. Кумачёв, Л. И. Причины ухудшения работы закрытого дренажа: традиционные и новые взгляды / Л. И. Кумачёв // Мелиорация и вод. хоз-во XXI века. Наука и образование : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 170-летию Белорус. гос. с.-х. академии, Горки, 4–6 июня 2009 г. – Горки, 2009. – С. 171–175.

12. Медведев, В. В. Изменчивость оптимальной плотности сложения почв и ее причины / В. В. Медведев // Почвоведение. – 1990. – № 5. – С. 20–29.
13. Вавилов, Н. И. Растениеводство / Н. И. Вавилов [и др.] ; под ред. акад. ВАСХНИЛ проф. Н. И. Вавилова. – 5-е изд., доп. и перераб. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 512 с.
14. Депрессия урожая сельскохозяйственных культур при уплотнении почвы и приемы ее снижения / А. И. Пупонин [и др.] // Сб. науч. тр. Всесюз. ин-та механизации с. х. – 1988. – Т. 118. – С. 75–86.

Поступила 12 июля 2024 г.

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РЕМОНТА (РЕКОНСТРУКЦИИ) ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН

Н. Н. Линкевич, кандидат технических наук
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь

Аннотация

Приведены определения терминов «контролируемые показатели», «диагностические показатели», «критерии безопасности гидротехнического сооружения»; описаны уровни значений диагностических показателей. Изложена характеристика грунтовых плотин для отнесения их к существующей в Беларуси классификации категорий возможных эксплуатационных технических состояний. Дается обоснование необходимости ремонта (реконструкции) грунтовых плотин.

Ключевые слова: контролируемые показатели, диагностические показатели, критерии безопасности гидротехнического сооружения, техническое состояние сооружений, ремонт, виды ремонтов, реконструкция, грунтовые плотины.

Abstract

N. N. Linkevich

JUSTIFICATION OF THE NEED FOR REPAIR (RECONSTRUCTION) OF EARTH DAMS

Definitions of the terms are given: monitored indicators, diagnostic indicators, safety criteria for hydraulic structures; the levels of values of their diagnostic indicators are given. The characteristics of earth dams are outlined for classifying them into the classification of categories of possible operational technical conditions existing in Belarus. A justification for the need for repair (reconstruction) of earth dams is given.

Keywords: monitored indicators, diagnostic indicators, safety criteria for hydraulic structures, technical condition of structures, repairs, types of repairs, reconstruction, earth dams.

Введение

Состояние любого, в том числе грунтового, сооружения в период эксплуатации оценивается контролируруемыми показателями.

Контролируемые показатели — назначенные проектной документацией значения количественных и качественных диагностических показателей состояния (измеряемые и рассчитываемые), которые для работающего сооружения должны периодически определяться и сравниваться с их критериальными значениями (критериями безопасности), данными в проектной документации и уточненными в период эксплуатации.

Диагностические показатели — наиболее значимые для оценки и диагностики технического состояния гидротехнического сооружения контролируемые показатели [1–3].

Критерии безопасности гидротехнического сооружения — предельные значения количественных и качественных показателей состояния гидротехнического сооружения и условий его эксплуатации, соответствующие допустимому уровню риска аварии гидротехнического сооружения [4].

В строительных нормах Республики Беларусь СН 3.04.01-2020 только регламентируется, что в составе проектной документации гидротехнических сооружений должны быть разработаны *критерии их безопасности* [5]. В то же время в этих нормах и других действующих нормативных документах не приводятся ни порядок назначения критериев безопасности гидротехнических сооружений (далее — ГТС), ни группы критериев безопасности для отнесения сооружений к действующей в стране классификации возможных эксплуатационных состояний ГТС: исправное (хорошее), работоспособное (удовлетворительное), ограниченно работоспособное (не вполне удовлетворительное), неработоспособное (неудовлетворительное) и предельное (предаварийное) [4, 6].

Также отсутствуют критерии безопасности для диагностических показателей визуальных и инструментальных наблюдений, на основе анализа которых и оценивается реальное состояние сооружений.

Поэтому за основу их назначения и отнесения сооружений к актуальной классификации возможных эксплуатационных состояний ГТС

Основная часть

В соответствии с ГОСТ Р 57793-2017 [1] для ГТС критерии безопасности должны быть разработаны *для двух уровней значений их диагностических показателей*:

K1 – первый (предупреждающий) уровень значений диагностических показателей, определяемый при основном сочетании нагрузок и воздействий, при достижении которых устойчивость, механическая и фильтрационная прочность ГТС и его основания, а также пропускная способность водосбросных и водопропускных сооружений еще соответствуют условиям нормальной эксплуатации;

K2 – второй (предельный) уровень значений диагностических показателей, устанавливаемый при особом сочетании нагрузок и воздействий, при превышении которых состояние сооружения становится предаварийным, в котором дальнейшая эксплуатация ГТС в проектном режиме недопустима.

Показатели состояния сооружений (критерии безопасности) подразделяют на качественные и количественные [3].

Качественные диагностические показатели состояния сооружений и их критериальные значения должны быть установлены *на основе визуальных наблюдений и экспертных оценок* по результатам анализа последствий потенциально опасных процессов (деформаций, коррозии, износа, старения, суффозии и др.) и нарушений в работе. За критерий K1 следует принимать условие проявления в начальной стадии того или иного потенциально опасного процесса (нарушения) в работе сооружения и отсутствие развития деструктивных процессов во времени. При этом техническое состояние ГТС по данным показателям оценивается по [1] *как частично (ограниченно) работоспособное*. За критерий K2 следует принимать наличие и развитие деструктивных процессов или нарушений во времени, способных вызвать значительные повреждения или аварию сооружения. При этом следует считать, что сооружение переходит в *неработоспособное (предаварийное) состояние* [1].

приняты опыт и стандарты Российской Федерации [1–3, 7 и др.].

Количественные критериальные значения K1 и K2 диагностических показателей должны быть установлены на основе расчетных допустимых нагрузок, полученных нагрузок и воздействий, зафиксированных в процессе инструментальных натурных наблюдений.

Перечень и состав критериев безопасности для каждого конкретного ГТС должен соответствовать составу его диагностических показателей, определяемому проектной документацией [3].

Перед вводом в эксплуатацию и в ее процессе (не реже чем через каждые пять лет) и (или) реконструкции гидротехнических сооружений *необходимо уточнять состав и значения критериев безопасности* на основе результатов натурных наблюдений за состоянием сооружений, нагрузок и воздействий, а также изменений характеристик материалов сооружений и оснований, конструктивных решений. Для эксплуатируемых ГТС *численные критериальные значения* K1 и K2 диагностических показателей (предельно допустимых параметров) принимают равными расчетным значениям для основного и особого сочетаний нагрузок и воздействий [1, 3, 5]. Для диагностических показателей, для которых достоверные расчетные значения трудно получить из-за отсутствия исходных данных, сложности учета многочисленных факторов и т. п., критериальные значения устанавливают статистическим методом по результатам анализа данных многолетних наблюдений за работой и состоянием сооружения, используя регрессионные модели. Статистические методы для назначения критериев безопасности применяют при наличии представительного (от 5 до 10 лет) временного ряда измерений контролируемых показателей в диапазоне нагрузок и воздействий, ранее испытанных ГТС в процессе эксплуатации [1].

Техническое состояние сооружений (конструкций) в соответствии с СН 1.04.01-2020 [6] характеризуется пятью категориями:

I – исправное (хорошее) состояние;

II – работоспособное (удовлетворительное) состояние;

III – ограниченно работоспособное (не вполне удовлетворительное) состояние;

IV – неработоспособное (неудовлетворительное) состояние;

V – предельное (предаварийное) состояние.

Критерии отнесения к категории приведены в [4, прил. 1; 6, п. 12.4.6].

Оценка технического состояния ГТС производится по критериям их технического состояния на основании актов осмотра, результатов технического обследования и сравнивается с проектными характеристиками ГТС.

Плотина считается **работоспособной и исправной**:

1) если значения контролируемых показателей состояния не превышают предельно допустимых значений (K1), установленных для работоспособного и исправного состояния сооружения;

2) в ходе визуальных наблюдений не обнаружено потенциально опасных повреждений и неблагоприятных процессов.

При исправном и работоспособном состоянии плотины проводятся контрольные наблюдения, технический уход и текущий ремонт.

Состояние плотины считается **ограниченно (частично) работоспособным** в случаях:

1) когда визуальными наблюдениями обнаружены повреждения, которые характеризуются начальной стадией (признаком) проявления и отсутствием развития деструктивных процессов во времени;

2) значение минимум одного натурного диагностического показателя превысило свое критериальное значение K1 или вышло за пределы прогнозируемого при данном сочетании нагрузок интервала значений, но не превысило критериального значения K2.

В этом состоянии эксплуатация плотины при фактических нагрузках разрешается при периодическом контроле ее состояния, строгом соблюдении всех эксплуатационных требований, при возможных ограничениях некоторых параметров эксплуатации (снижение уровня верхнего бьефа и др.) до исполнения необходимых мер по приведению ее в работоспособное состояние. Требуется детальное обследование и расчет конструкции с оценкой степени ее нагруженности, а также разработ-

ка мероприятий по ремонту и – при необходимости – усилению конструкции. Неусиленные конструкции требуют повторного обследования в сроки, установленные аттестованным специалистом по обследованию сооружений.

Состояние плотины считается **неработоспособным** в следующих случаях:

1) если в ходе визуальных наблюдений обнаружены опасные процессы или нарушения, характеризующиеся явным проявлением и развитием во времени, способные вызвать значительные повреждения или аварию плотины;

2) значение минимум одного натурного диагностического показателя превысило свое критериальное значение K2.

В этом состоянии эксплуатация плотины недопустима без проведения оперативных мер по восстановлению требуемого уровня безопасности. Необходимо незамедлительно ограничить нагрузки, срочно усилить или заменить конструкции (уточняется расчетом и выполняется при значительной сложности или экономической нецелесообразности ее усиления), провести специальные наблюдения или исследования с участием специализированных организаций.

Различают следующие виды ремонтов плотин из грунтовых материалов: текущие, капитальные, предотвращающие аварии, послеаварийные, ремонты при реконструкции сооружений.

К **текущим ремонтам** относится выполнение таких ремонтных работ, как:

1) доведение гребня плотины до проектной отметки в местах просадок, разрушений и деформаций свыше 1,0 м;

2) восстановление или замена песчано-гравийного или твердого покрытия проезжей части плотин;

3) исправление повреждений в береговых одеждах, в креплениях откосов и гребня;

4) уполаживание откосов;

5) заделка промоин и других поверхностных деформаций на гребне и откосах плотины;

6) досыпка оплывших и деформированных откосов плотин до проектных параметров;

7) восстановление дренажа в нижних бьефах плотин с полной или частичной заменой его элементов;

8) заделка трещин, пустот, провалов, ходов землеройных животных в теле плотин;

9) проведение противофильтрационных мероприятий (расширение профиля плотины с помощью призм, устройства противофильтрационного экрана, укладка полиэтиленовой пленки и т. д.);

10) расчистка дренажных канав.

Обычно необходимость такого рода ремонтных работ устанавливается визуальными и инструментальными наблюдениями, причем не требуется специальных обоснований и применения значительных технических средств. Строительно-монтажные работы по текущему ремонту выполняются без направления соответствующего уведомления о выполнении строительно-монтажных работ на основании дефектного акта и сметной документации [8].

Для проведения текущего ремонта не требуется наличие:

а) предпроектной (предынвестиционной) и проектной документации;

б) разрешительной документации на строительство;

в) аттестатов соответствия, квалификационных аттестатов;

г) свидетельства о технической компетентности системы производственного контроля;

д) декларации безопасности на строительные работы [9].

К **капитальным ремонтам** относятся следующие виды работ:

1) уширение гребня плотин водохранилищ до норм, соответствующих действующим нормативным документам технических нормативных правовых актов;

2) восстановление или замена капитальных креплений откосов при деформации или разрушении; например, замена бетонного крепления верхового откоса при сниженном уровне воды верхнего бьефа;

3) заделка глубоких трещин на гребне плотины путем прохода траншей и заполнения их уплотняемым грунтом при сниженном уровне воды верхнего бьефа;

4) замена заиленного дренажа при сниженном уровне верхнего бьефа и др.

Необходимость капитального ремонта обосновывается на основе анализа результатов визуальных наблюдений, показаний контрольно-измерительной аппаратуры (далее – КИА), выполненных дополнительных ис-

следований (геофизическими и другими методами), соответствующих расчетов. Эти работы требуют применения специальных технических средств.

Решение о проведении ремонта принимается ответственным эксплуатантом по результатам технических осмотров, материалам обследования и определения физического и морального износа зданий и сооружений.

Перечень основных видов работ, выполняемых при текущем ремонте зданий и сооружений, устанавливают согласно СП 1.04.01-2021 [10, прил. А], при капитальном ремонте зданий и сооружений – в соответствии с [10, прил. Б], при модернизации зданий и сооружений – [10, прил. В]. Перечень основных работ по видам ремонта (текущий или капитальный) на мелиоративных системах и сооружениях устанавливают по ТКП 45-3.04-176-2009 [8, прил. Г].

Необходимость *предотвращающего аварийного ремонта* определяется в результате визуальных наблюдений, а также если показаниями КИА обнаружены следующие нарушения в работе плотины из грунтовых материалов:

- подъем поверхности депрессии с выходом на откос;
- выходы сосредоточенного фильтрационного потока, грифоны;
- вынос частиц грунта;
- повышение поверхности депрессии (выше принятых предельных значений);
- увеличение фильтрационного расхода (выше принятых предельных значений);
- мутность профильтровавшейся воды;
- продольные и поперечные трещины на гребне плотины с прогрессирующим их удлинением и раскрытием (трещины откола);
- оползание откоса (верхового или низового), грозящее разрушением плотины;
- осадка гребня (выше предельных значений);
- воронки на гребне или откосах и др.

При обнаружении указанных нарушений необходимо усилить контроль за сооружением, установить причину нарушений, наметить план первоочередных мероприятий. Одним из них является снижение напора на сооружение при постоянном контроле его состояния.

В зависимости от причины нарушения, которая в ряде случаев устанавливается только в результате выполнения научно-исследова-

тельских, а иногда и инженерно-геологических работ, разрабатывается план (проект) ремонтных работ.

Ремонтные работы могут быть двух видов – первоочередные и основные.

Первоочередные работы замедляют или приостанавливают разрушительные процессы в плотине.

Основные работы проводятся после окончательного установления причины нарушения, выполнения соответствующих расчетов, обоснования проекта ремонта. На такие работы привлекают специальные технические средства и незапланированные материальные затраты.

Аварии на плотинах из грунтовых материалов приводят к разрушению напорного фронта в результате: перелива через гребень, нарушения фильтрационной прочности в теле, основании, сопряжениях с бетонными сооружениями и берегами, обрушения откосов и др.

Восстановительные работы выполняются на основе:

- анализа условий эксплуатации сооружения;
- установления причин аварии;
- исполнительной съемки в месте аварии;
- инженерно-геологических и научно-исследовательских работ;
- проектных работ по восстановлению;
- оценки целесообразности проведения восстановительных работ или консервации сооружения.

Реконструкцию плотин из грунтовых материалов следует осуществлять при необходимости:

- 1) увеличения полезного объема водохранилища;
- 2) повышения до проектных отметок дамб, возведенных на просадочных биогенных грунтах, а также дамб, возведенных из торфа;
- 3) повышения требований к надежности сооружения и условиям его эксплуатации;
- 4) повышения экономичности сооружения за счет уменьшения потерь воды и затрат на его эксплуатацию;
- 5) выполнения требований в области охраны окружающей среды [5].

В проектной документации по реконструкции плотин из грунтовых материалов должны быть учтены результаты обследований эксплуатируемого сооружения и необходимость

реконструкции сопряженных с ним сооружений (водосбросных плотин, зданий ГЭС, шлюзов, рыбопропускных сооружений и т. д.). При соответствующем обосновании в проектной документации следует предусматривать возможность реконструкции грунтовых плотин в период эксплуатации [5].

При реконструкции плотин из грунтовых материалов, как правило, увеличивается их высота и, соответственно, напор на сооружение. Отметку гребня повышают обычно без опорожнения водохранилища или с частичным его опорожнением. Водохранилище опорожняют в том случае, когда необходимо менять или укреплять крепление верхового откоса. Если в целом конструкция плотины изменяется, то следует, согласно СП 3.04.01-2021 [11], максимально использовать ее элементы, находящиеся в удовлетворительном техническом состоянии, и выполнить их ремонт. К таким элементам можно отнести дренажи, крепления откосов, негрунтовые противофильтрационные устройства, если в них не обнаружены нарушения. Ремонт указанных элементов плотин осуществляют при выполнении их надежного сопряжения с возводимой частью плотины и с учетом условий работы всего реконструируемого сооружения.

При реконструкции **земляных насыпных плотин** наращивание однородной грунтовой плотины на слабоводопроницаемом основании следует осуществлять с верховой и низовой сторон плотины. Увеличение высоты плотины с диафрагмой (ядром) и завесой в основании возможно как с низовой ее стороны путем наращивания диафрагмы экраном, так и с обеих сторон с сохранением вертикальной диафрагмы. При этом следует определить необходимость усиления противофильтрационной завесы в основании. Увеличение высоты плотины с экраном и противофильтрационным устройством в основании возможно только с низовой ее стороны, с проверкой фильтрационной прочности экрана (из грунтовых или негрунтовых материалов) и при необходимости с усилением противофильтрационного устройства в основании [5]. Для надежного сопряжения наращиваемой призмы с низовым откосом плотины растительный слой должен быть удален.

При реконструкции плотин из грунтовых материалов важно предусматривать соответствующие мероприятия по обеспечению нормальной работы дренажа [11].

При реконструкции **земляных намывных плотин** повышение гребня однородной плотины может быть обеспечено за счет примыва низовой призмы к существующему откосу плотины. Примыв осуществляют из карьерного грунта более крупного состава, чем грунт, из которого намыт основной профиль плотины. Допускается выполнять низовую призму плотины отсыпкой грунта насухо с послойной укаткой [11].

При повышении отметки гребня намывной плотины с ядром, кроме примыва низовой призмы, следует предусматривать создание противифльтрационного устройства (например, в виде экрана), сопряженного с существующим ядром. Перед возведением низовой призмы должен быть снят растительный слой на существующем низовом откосе плотины.

Заключение

Установлено, что в действующих нормативных документах Беларуси не приводятся порядок назначения критериев безопасности ГТС, группы критериев безопасности для отнесения сооружений к существующей в республике классификации возможных эксплуатационных состояний ГТС. Также в документации отсутствуют критерии безопасности для диагностических показателей визуальных и инструментальных наблюдений, на основе анализа которых и оценивается реальное состояние сооружений. Поэтому за основу их назначения и отнесения сооружений к существующей

в Беларуси классификации возможных эксплуатационных состояний ГТС предлагается использовать опыт и стандарты Российской Федерации [1–3, 7].

До начала примыва низовой призмы плотины должны быть реконструированы все действующие дренажные устройства [5].

Работы по реконструкции проводятся в целях: продления расчетного срока эксплуатации, повышения технического состояния и надежности, снижения энергетических, материальных затрат и трудовых ресурсов при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте, улучшения условий труда и охраны окружающей среды, доведения технико-экономических показателей объекта до состояния, равноценного первоначальному проектным или даже их улучшающего.

Техническое состояние реконструируемых ГТС и их элементов следует определять в ходе специальных исследований и расчетов на основе фактических характеристик строительных материалов, принятых в проектной документации на реконструкцию сооружений и грунтов оснований [5].

Охарактеризованы грунтовые плотины для отнесения их к актуальной классификации категорий возможных эксплуатационных технических состояний, приведен перечень основных видов работ, выполняемых при текущем и капитальном ремонтах грунтовых плотин, обоснована необходимость ремонта (реконструкции) грунтовых плотин, показаны особенности их реконструкции.

Библиографический список

1. Гидравлические и гидроаккумулирующие электростанции. Гидротехнические сооружения. Мониторинг и оценка технического состояния в процессе эксплуатации. Основные положения : ГОСТ Р 57793-2017. – Введ. 01.07.2018. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 42 с.
2. Гидроэлектростанции. Ч. 1–4. Сооружения ГЭС гидротехнические. Общие требования по организации и проведению мониторинга : ГОСТ Р 55260.1.4-2012. – Введ. 01.07.2014. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 53 с.
3. Гидравлические и гидроаккумулирующие электростанции. Гидротехнические сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения : ГОСТ Р 57792-2017. – Введ. 01.07.2018. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 73 с.
4. Об утверждении Правил эксплуатации гидротехнических сооружений и устройств для энергетических (гидроэнергетических и теплоэнергетических) нужд [Электронный ресурс] :

Постановление М-ва энергетики Респ. Беларусь, 22 июня 2020 г. № 22. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22035696>. – Дата доступа: 18.05.2024.

5. Гидротехнические сооружения общего назначения = Гідратэхнічныя збудаванні агульнага прызначэння : СН 3.04.01-2020. – Введ. 13.07.2021 (с отменой ТКП 45-3.04-150-2009 (02250), ТКП 45-3.04-169-2009 (02250), ТКП 45-3.04-170-2009 (02250), ТКП 45-3.04-271-2012 (02250)). – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2021. – 135 с.

6. Техническое состояние зданий и сооружений = Тэхнічны стан будынкаў і збудаванняў : СН 1.04.01-2020. – Введ. 23.03.2021 (с отменой ТКП 45-1.04-305-2016 (33020)). – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2021. – 66 с.

7. Гидроэлектростанции. Ч. 1–9. Сооружения ГЭС гидротехнические. Требования безопасности при эксплуатации : ГОСТ Р 55260.1.9-2013. – Введ. 01.07.2015. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 36 с.

8. Ремонт мелиоративных систем. Порядок проектирования = Рамонт меліярацыйных сістэм. Правілы праектавання : ТКП 45-3.04-176-2009. – Введ. 01.07.2010. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2010. – 44 с.

9. Кодекс Республики Беларусь об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности [Электронный ресурс] : 17 июля 2023 г., № 289-З : принят Палатой представителей 28 июня 2023 г. : одобр. Советом Респ. 30 июня 2023 г. // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=Nk2300289>. – Дата доступа: 23.05.2024.

10. Ремонт и модернизация зданий и сооружений = Рамонт і мадэрнізацыя будынкаў і збудаванняў : СП 1.04.01-2022. – Введ. 01.02.2021 (с отменой на территории Республики Беларусь ТКП 45-1.04-206-2010 (02250)). – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2022. – 19 с.

11. Гидротехнические сооружения общего назначения = Гідратэхнічныя збудаванні агульнага прызначэння : СП 3.04.01-2021. – Введ. 25.12.2021. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2021. – 55 с.

Поступила 15 июля 2024 г.

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ФОТОГРАММЕТРИИ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА ОБЪЕКТАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ

А. А. Левкевич, младший научный сотрудник

Г. В. Латушкина, кандидат технических наук

РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

Аннотация

Приведены данные государственного учета по состоянию гидротехнических сооружений на открытой мелиоративной сети Беларуси. Рассмотрен новый способ неразрушающего контроля технического состояния гидротехнических сооружений на мелиоративных объектах с использованием средств фотограмметрии. Проведена апробация программных средств по фотограмметрии, предложен вариант их адаптации к обследованию и диагностике состояния гидротехнических сооружений.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, мелиоративная сеть, техническое состояние, регулирование водного режима, дефекты гидротехнических сооружений, неразрушающий метод обследования, фотограмметрия, 3D-модель.

Abstract

A. A. Levkevich, G. V. Latushkina

APPLICATION OF PHOTOGRAMMETRY TOOLS IN SURVEY OF HYDRAULIC STRUCTURES ON OBJECTS OF WATER REGIME REGULATION ON RECLAIMED LANDS

The data of the state accounting on the condition of hydraulic structures in the open reclamation network of Belarus are given. A new method of non-destructive control of technical condition of hydraulic structures at reclamation sites using photogrammetry tools is described. The approbation of photogrammetry software tools is carried out and the option of their adaptation to inspection and diagnostics of hydraulic structures condition is proposed.

Keywords: hydraulic structures, reclamation network, technical condition, water regime regulation, defects of hydraulic structures, non-destructive method of inspection, photogrammetry, 3D-model.

Введение

Около 3 млн га мелиорированных земель в Беларуси находятся в сельскохозяйственном использовании. Осушительные системы на землях сельскохозяйственного назначения занимают площадь 1 536,9 тыс. га, осушительно-увлажнительные системы – 1 505,76 тыс. га. Основная часть этих систем построена более 30–40 лет назад. В связи с длительным сроком их эксплуатации на значительных площадях условия ведения сельскохозяйственного производства отличаются по параметрам от изначально представленных в проектах.

В 2022 г. был проведен государственный учет мелиоративных систем и основных гидротехнических сооружений (далее – ГТС) на открытой мелиоративной сети. Согласно полученным данным, по состоянию на 1 января 2023 г. на открытых каналах межхозяйственных и внутрихозяйственных мелиоративных систем насчитывается 2178 шлюзов, из них

в удовлетворительном состоянии находится 1579 шт., что составляет 72 % от общего числа; труб-регуляторов – 24 217 шт., из них в удовлетворительном состоянии – 19 731 шт. (81 %); автомобильных мостов – 3184 шт., из них в удовлетворительном состоянии – 2212 шт. (69 %); труб-переездов – 57 075 шт., из них в удовлетворительном состоянии – 46 978 шт. (82 %).

Таким образом, 20–30 % основных гидротехнических сооружений, построенных на открытой мелиоративной сети, требуют ремонта, а в отдельных случаях и реконструкции. Совершенствование способов диагностирования состояния бетонных и железобетонных конструкций, эксплуатируемых в условиях переменного климата и увлажнения, а также резких перепадов температур, является актуальной задачей в обеспечении надежности и долговечности мелиоративных гидротехнических сооружений.

Основная часть

Для обеспечения водного режима, требуемого растениям на осушаемых землях, необходимо поддерживать рекомендуемые нормы осушения. Это достигается с помощью комплекса гидротехнических сооружений. Гидротехнические сооружения на каналах предназначены не только для обеспечения переезда через них, но и для управления потоком воды при ее отводе с осушаемой территории, поддержания в каналах должных уровней воды и ее накопления перед сооружением в целях поддержания на полях необходимого водного режима почв.

Законодательством Республики Беларусь в области мелиорации* предусмотрено проведение ежегодного осмотра ГТС на местности для содержания их в технически исправном, работоспособном состоянии и создания на мелиоративных системах условий для получения проектных урожаев сельскохозяйственных культур (в том числе за счет благоприятного водного режима почв). От того, насколько систематически и своевременно осуществляются надзор и диагностирование состояния сооружений, зависят сроки проведения ремонтно-эксплуатационных мероприятий, их безаварийная работа и, соответственно, нормальное сельскохозяйственное использование осушаемых земель.

К характерным дефектам и повреждениям, из-за которых сооружения не могут выполнять свои эксплуатационные функции, относятся:

- повреждение затворных устройств и винтоподъемников, вследствие чего складывается неблагоприятная ситуация в связи с невозможностью поддержания необходимого уровня режима в водотоках;

- образование провалов при сопряжении сооружений с дорожным полотном;

- расстройство стыков между сборными элементами сооружений;

- образование провалов грунта в местах засыпок пазух;

- вымоины грунта из-под днища и устоев;

- выбоины, каверны и трещины на бетонных поверхностях, отколы углов и краев плит;

- оголение арматуры, проломы плит и др.

На рис. 1 показаны некоторые дефекты, зафиксированные во время обследования шлюза-регулятора на объекте «Тепленка» (Узденский р-н Минской обл.).

Своевременное и оперативное диагностирование состояния, в котором находится эксплуатируемое ГТС, – необходимое условие для выработки обоснованных мероприятий по поддержанию надлежащей эксплуатационной функциональности сооружения. Согласно ТНПА [1], обследование сооружений, в том числе и гидротехнических, может состоять из трех этапов:

первый – предварительный технический осмотр ГТС;

второй – общее обследование (по внешним признакам);



Рис. 1. Характерные дефекты шлюза-регулятора:
а – общий вид шлюза-регулятора; б – трещина; в – каверна

* О мелиорации земель: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 18 октября 2022 г. № 700, 5/50872 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22200700> (дата обращения 23.05.2024).

третий – детальное (инструментальное) обследование (при необходимости).

Особенности эксплуатации мелиоративных гидротехнических сооружений определяются их специфическим месторасположением, удаленностью от городской и сельской инфраструктуры, подверженностью различного рода природным и климатическим воздействиям. Следовательно, при проведении работ по обследованию и диагностике состояния ГТС на первом и втором этапах [1] целесообразно использовать инструменты и методы, сочетающие мобильность, безопасность, оперативность и малозатратность. Одним из таких методов неразрушающего контроля является оптико-цифровой способ фотограмметрии [2, 3].

В настоящее время практический опыт применения данного метода для обследования ГТС фактически отсутствует. В связи с этим в РУП «Институт мелиорации», в лаборатории эксплуатации мелиоративных систем, проводится предварительная адаптация метода фотограмметрии к особенностям диагностики состояния мелиоративных гидротехнических сооружений. Так, обследован ряд объектов на осушительно-увлажнительных мелиоративных системах в Клецком, Минском, Слуцком, Стародорожском и Узденском р-нах Минской обл. Для камеральной обработки собраны фото- и видеоматериалы.

Одной из характерных особенностей применения фотограмметрического метода при обследовании ГТС является частичная или полная невозможность круговой (360°-й) съемки объекта, поскольку, как правило, гидротехнические сооружения на мелиоративных объектах имеют большие размеры, сложную геометрию, водную преграду, дорожное полотно на гребне, а также очень плавное сопряжение с рельефом местности (рис. 2).

Ввиду вышеприведенных особенностей расположения ГТС экспериментальным путем была составлена и апробирована предварительная схема съемки объектов (рис. 3, а), которая производилась на фотокамеру *Canon PowerShot SX 220 HS* с камерой 11 мегапикселей и на камеру смартфона *Vivo 2111* с разрешением снимков соответственно 4000 × 2664 и 4160 × 3120. Видеозапись производилась в форматах HD и Full HD. Применялось двух-, четырех-, десяти- и двадцатикратное приближение.

По результатам съемки в программных средствах *Agisoft Metashape* [4] и *3DF Zephyr* [5] были построены 3D-модели объектов.

В ходе обработки данных установлено, что значительная часть моделей, полученных по фотографиям, сделанных по предложенной схеме (без учета особенностей съемки ГТС и моделирования), оказывались искаженными и не выстраивались в полном объеме (рис. 4, а, в).

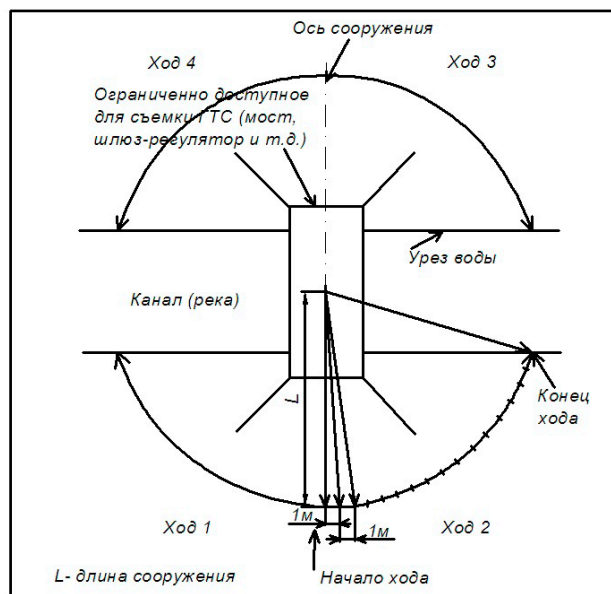


а

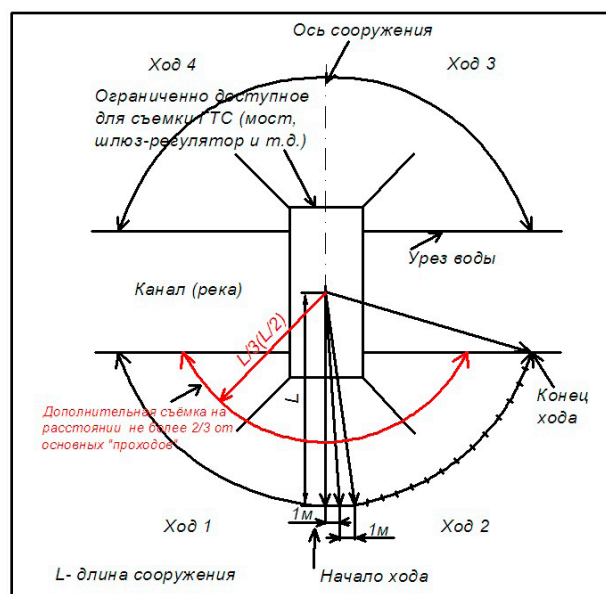


б

Рис. 2. Характерные особенности расположения ГТС:
а – шлюз-регулятор; б – труба-регулятор

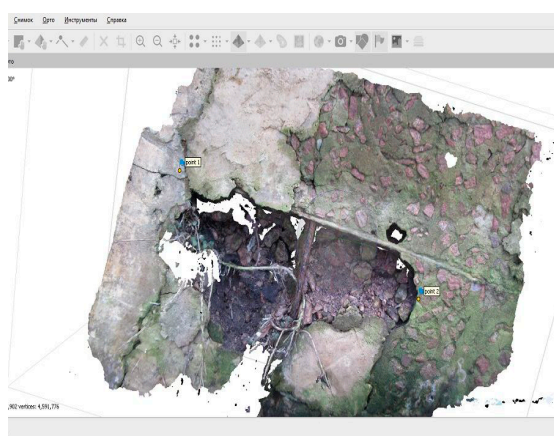


а

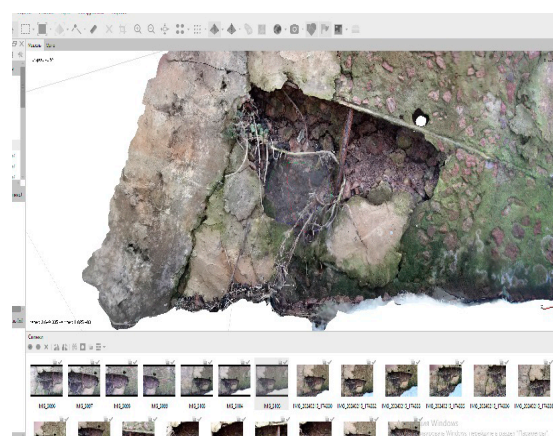


б

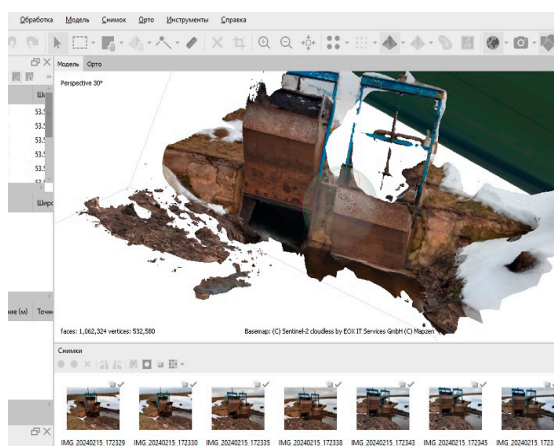
Рис. 3. Предварительная (а) и скорректированная (б) схемы съемки для ограниченно доступных ГТС



а



б



в



г

Рис. 4. 3D-модели ГТС и их дефекты, полученные по предварительной схеме съемки (а, в) и по скорректированной схеме съемки (б, г)

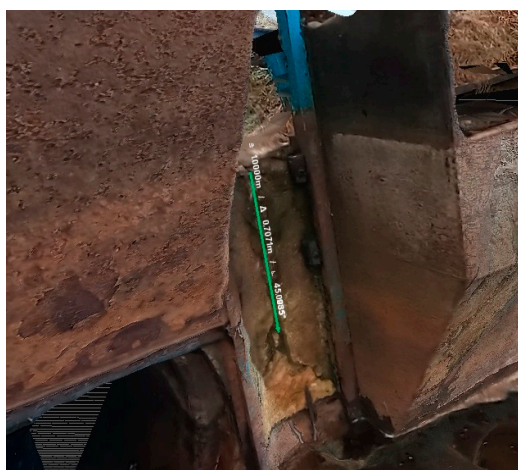
Схема была скорректирована (рис. 3, б), и затем построены модели с учетом особенностей съемки ГТС. Также выявлено, что при проведении съемки необходимо учитывать следующее:

- добавлять дополнительные съемочные проходы на расстояние не ближе $\frac{1}{2}$ от основного прохода;
- использовать по возможности только опции оптического приближения на фотокамере (Zoom);
- проводить максимально возможную круговую съемку с учетом направленности источников освещения;
- принимать во внимание блики и искажения от отражающих поверхностей (снега, воды и др.);
- для корректного восстановления 3D-модели одного хода съемки рекомендуется ми-

нимальное количество фотографий – 15, оптимальное – 30 и более.

С увеличением числа съемочных проходов возросло количество фотографий. В результате процесс их обработки стал длительнее. Несмотря на это, корректировка схемы съемки оказала значительное положительное влияние на улучшение четкости восстанавливаемых 3D-моделей, а также на глубину их проработки. В свою очередь это позволило более точно определять геометрические размеры дефектов сооружений и, соответственно, точнее разработать мероприятия по ремонту, видам и объемам работ.

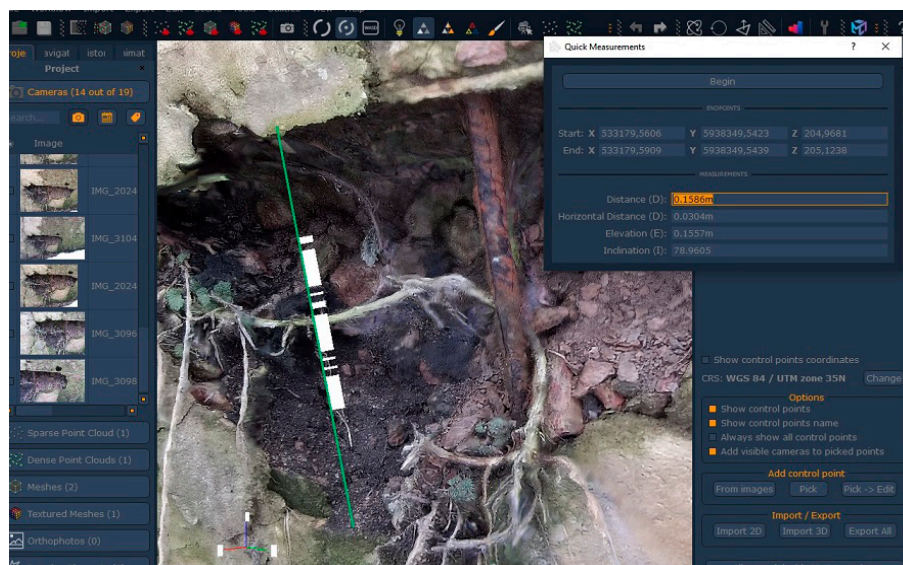
Использование программных средств измерения приведено на рис. 5 (а, б, в). Исходя из размеров дефектов, можно в качестве примера рассчитать приблизительный объем бетона (V_6), необходимый для заливки каверны: $V_6 = 0,005 \text{ м}^3$ (рис. 5, б, в).



а



б



в

Рис. 5. Результаты измерения геометрических размеров ГТС, их частей и дефектов (каверна)

Таким образом, установлено, что на этапе первичного визуального и инструментального обследования и при проведении проектно-изыскательских работ использование фотограмметрических инструментов может в значительной степени сократить различные виды

издержек, повысить оперативность, позволить более точно определять виды работ, необходимых для устранения дефектов на ГТС и впоследствии применяться при паспортизации, инвентаризации мелиоративных систем совместно с геоинформационными системами.

Заключение

Применение современных неразрушающих способов диагностики бетонных и железобетонных конструкций, эксплуатируемых в условиях водонасыщения и низких температур, актуально в целях обеспечения надежности и долговечности мелиоративных гидротехнических сооружений.

Диагностика состояния ГТС посредством метода фотограмметрии и 3D-моделирования на разных этапах обследования позволяет:

- 1) своевременно, оперативно и с минималь-

- ными затратами выявлять дефекты и разрушения на сооружениях; 2) более эффективно и сбалансированно оценивать объемы ремонтно-эксплуатационных работ либо – при необходимости – принимать решение о проведении дальнейшей углубленной диагностики состояния ГТС; 3) в значительной степени оптимизировать процесс обследования ГТС, дополняя визуальный осмотр и повышая качество полученных результатов.

Библиографический список

1. Строительные нормы Республики Беларусь. Техническое состояние зданий и сооружений : СН 1.04.01-2020. – Введ. 27.10.2020 г. – Минск : Минстройархитектуры, 2021. – 68 с.
2. Анженков, А. С. Современные технические средства диагностики мелиоративных гидротехнических сооружений / А. С. Анженков, А. А. Левкевич // Мелиорация. – 2023. – № 3 (105). – С. 5–13.
3. Краснопевцев, Б. В. Фотограмметрия / Б. В. Краснопевцев. – Москва : УПП «Репрография» МИИГАиК, 2008. – 160 с.
4. Agisoft Metashape. Professional Edition: руководство пользователя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.agisoft.com/features/professional-edition/>. – Дата доступа: 02.04.2024.
5. 3DF Zephyr 7.5. User manual [Электронный ресурс]. – Mode of access: <https://www.3dflow.net/technology/documents/3df-zephyr-documentation/>. – Date of access: 05.04.2024.

Поступила 15 августа 2024 г.

• Кормопроизводство •

УДК 631.459

ОЦЕНКА ПРОТИВОЭРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ПОЧВ НА ОСНОВЕ РАСЧЕТА РАЗМЫВАЮЩЕЙ СКОРОСТИ ВОДНОГО ПОТОКА НА РАЗНЫХ АГРОФОНАХ

Н. Н. Цыбулько¹, доктор сельскохозяйственных наук
В. Б. Цырибко², И. И. Жукова³, кандидаты сельскохозяйственных наук
И. А. Логачёв², младший научный сотрудник

¹Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова
Белорусского государственного университета, г. Минск, Беларусь

²РУП «Институт почвоведения и агрохимии», г. Минск, Беларусь

³Белорусский государственный педагогический институт имени М. Танка, г. Минск, Беларусь

Аннотация

Дерново-подзолистые почвы непосредственно после механической обработки характеризуются очень низкой противоэрозионной стойкостью. Величина размывающей скорости водного потока $V_{\Delta p}$ не превышает 11,1 см/с. Устойчивость почв к размыву снижается с повышением степени их эрозионной деградации. Использование эродированных почв в почвозащитных травяно-зерновых севооборотах способствует улучшению их устойчивости к эрозии. Средне- и сильноэродированные почвы на лессовидных суглинках в зерновом севообороте отличались низкими $V_{\Delta p}$ (16,5–18,5 см/с), а в травяно-зерновом севообороте с возделыванием люцерны – высоким и средним $V_{\Delta p}$ (33,1 и 29,8 см/с). При органо-минеральной системе удобрения наблюдалось повышение противоэрозионной стойкости почв по сравнению с минеральной системой удобрения. Внесение известковых мелиорантов на фоне органо-минеральной системы удобрения не привело к повышению $V_{\Delta p}$. Установлена тесная корреляционная связь ($r = 0,76$) размывающей скорости водного потока с показателем средневзвешенного диаметра водопропрочных агрегатов в почве.

Ключевые слова: эродированные почвы, севообороты, система удобрения, противоэрозионная стойкость, размывающая скорость водного потока.

Abstract

**N. N. Tsybulka, V. B. Tsyribka, I. I. Zhukova,
I. A. Logachov**

ASSESSMENT OF SOIL EROSION RESISTANCE BASED ON THE CALCULATION OF THE EROSION VELOCITY OF WATER FLOW ON DIFFERENT AGRICULTURAL PLANTS

Soddy-podzolic soils immediately after mechanical treatment are characterized by very low erosion resistance. The erosive velocity of the water flow does not exceed 11.1 cm/s. Soil resistance to erosion decreases with increasing degree of erosion degradation. The use of eroded soils in soil-protective grass-grain crop rotations helps improve their resistance to erosion. Moderately and highly eroded soils on loess-like loams in grain crop rotation were characterized by low $V_{\Delta p}$ (16.5–18.5 cm/s), and in grass-grain crop rotation with alfalfa cultivation – high and medium $V_{\Delta p}$ (33.1 and 29.8 cm/s). With the organomineral fertilizer system, an increase in the anti-erosion resistance of soils was observed compared to the mineral fertilizer system. The application of lime ameliorants against the background of an organomineral fertilizer system did not lead to an increase in $V_{\Delta p}$. A close correlation has been established ($r = 0.76$) between the erosive velocity of water flow and the weighted average diameter of water-resistant aggregates in the soil.

Keywords: eroded soils, crop rotation, fertilization system, erosion resistance, erosion speed of water flow.

Введение

Эродруемость (смываемость) почвы – один из основных факторов водной эрозии. Противоэрозионная стойкость почвы является интегральным показателем и определяется

комплексом ее свойств, таких как минералогический состав, физические и агрохимические свойства. Основными физическими свойствами почв, определяющими устойчивость

их к эрозии, являются гранулометрический, микроагрегатный и структурно-агрегатные составы, плотность, пористость и сцепление.

В мировой практике эрозионных исследований известно множество прямых и косвенных методов определения эродированности почвы. Для количественной оценки этого параметра, используемого как в статистических, так и в физически обоснованных моделях смыва почв, предложено более десятка различных подходов и способов [1]. В качестве ключевых критериев, помимо свойств самой почвы, предлагаются кинетические характеристики склоновых потоков – неразмывающая скорость [2, 3], критическое касательное напряжение [4]. Для оценки эродированности применяется также показатель в виде частного от деления интенсивности смыва на куб скорости потока, который для водных потоков численно равен половине удельной мощности потока [5–7].

В США и странах Западной Европы для оценки податливости почвы эрозии используется предложенное В. Х. Уишмейером и Д. Д. Смитом (*W. H. Wischmeier, D. D. Smith*) определение эродированности – количество смытой почвы с эталонной площадки по бесменному пару на единицу эрозионного потенциала осадков [8].

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в условиях центральной и северной почвенно-экологических провинций Беларуси на полевых опытных стационарах «Стоковые площадки» (Минский р-н) и «Браслав» (Браславский р-н) Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси.

Объекты исследований: дерново-подзолистая почва, сформированная на легких лессовидных суглинках, расположенная на склоне южной экспозиции крутизной 6–7°. На водораздельной равнине находятся незэродированные почвы, в верхней части склона – среднеэродированные, в средней части склона – сильноэродированные почвы (стационар «Стоковые площадки»); дерново-подзолистая почва, сформированная на моренных суглинках, расположена на склоне северо-восточной экспозиции крутизной 5–7°. На водораздельной равнине находятся незэродированные почвы, в верхней части склона – слабо- и

М. С. Кузнецовым установлена зависимость между средневзвешенным диаметром водопрочных агрегатов, сцеплением и плотностью почвы, содержанием корней растений диаметром < 1 мм и так называемой донной размывающей скоростью водного потока. Ученым предложено уравнение для определения донной размывающей скорости водного потока для почв по вышеперечисленным показателям [9, 10]. Показано, что противоэрозионная стойкость почв количественно выражается величиной размывающей скорости потока, которая непосредственно определяется размером водопрочных агрегатов и сцеплением их друг с другом. Остальные свойства почв влияют на противоэрозионную стойкость косвенно, через эти показатели. Следовательно, противоэрозионная стойкость почвы в целом обуславливается водопрочностью ее структуры [2, 11].

Цель исследований – изучить влияние севооборотов с насыщением их сельскохозяйственными культурами, имеющими разную почвозащитную способность, а также воздействие систем обработки почвы и удобрений на размывающую скорость водного потока для дерново-подзолистых почв на лессовидных и моренных суглинках, в разной степени подверженных эрозионной деградации.

среднеэродированные, в средней части склона – сильноэродированные почвы (стационар «Браслав»).

На стационаре «Стоковые площадки» на склоне южной экспозиции крутизной 6–7° изучались:

а) зерновой севооборот (овес – яровой рапс – яровая пшеница – озимая рожь);

б) травяно-зерновой севооборот (однолетние травы с подсевом люцерны – люцерна трехлетнего пользования).

На стационаре «Браслав» на склоне северо-восточной экспозиции крутизной 5–7° изучались:

а) зернотравяной севооборот (горох с овсом на зеленую массу – озимая тритикале – горох с овсом на зеленую массу – озимая пшеница);

б) травяно-зерновой севооборот (яровая пшеница с подсевом люцерны – люцерна трехлетнего пользования).

В полевом опыте на дерново-подзолистых незероэродированных, слабо- и сильноэродированных почвах, сформированных на моренных суглинках, в звене зернотравяного севооборота яровая пшеница – озимая рожь – бобово-злаковые травы изучено влияние на размывающую скорость водного потока способов основной обработки почв. Изучены: отвальная вспашка на 20–22 см, безотвальная чизельная обработка на 20–22 см и дисковая обработка на 10–12 см.

В полевом опыте на дерново-подзолистых незероэродированных, средне- и сильноэродированных почвах, сформированных на лессовидных суглинках, изучено влияние систем удобрения на показатель размывающей скорости водного потока. Исследования проводили в зерновом севообороте: озимая пшеница – овес – яровой рапс – яровая пшеница – озимая рожь.

Схема опыта включала следующие варианты систем удобрения и известкования почв:

1) минеральная система удобрения, где применяли только минеральные (NPK) удобрения под возделываемые культуры;

2) минеральная система удобрения + известкование; применяли минеральные (NPK) удобрения и доломитовую муку после озимой пшеницы в дозе 6,5 т/га;

3) органоминеральная система удобрения; применяли минеральные (NPK) удобрения и органические удобрения в дозах 40 т/га после озимой пшеницы и после ярового рапса;

4) органоминеральная система удобрения + известкование; применяли минеральные (NPK) удобрения, органические удобрения в дозах 40 т/га после озимой пшеницы и после ярового рапса, доломитовую муку после озимой пшеницы в дозе 6,5 т/га.

Дозы минеральных удобрений под культуры севооборота: овес – $N_{90}P_{60}K_{80}$, яровой рапс – $N_{130}P_{60}K_{90}$, яровая пшеница – $N_{120}P_{60}K_{90}$, озимая рожь – $N_{130}P_{60}K_{90}$.

Размывающую скорость водного потока (см/с) для почв рассчитывали по модифицированному уравнению М. С. Кузнецова [2], которое имеет вид:

$$V_{\Delta p} = 1,76 \sqrt{\frac{2g(p - p_w)Kd}{3,5p_w}},$$

где $V_{\Delta p}$ – размывающая скорость водного потока, см/с;

g – ускорение силы тяжести (9,81 м/с²);

p – плотность твердой фазы почвы, г/см³;

p_w – плотность воды, г/см³;

d – средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов при водном просеивании, мм;

K – коэффициент защиты (для зерновых и зерно-бобовых смесей – 4,8; для трав – 14).

Структурно-агрегатный анализ почв для определения средневзвешенного диаметра водопрочных агрегатов при водном просеивании выполняли по методу Н. И. Саввинова [12]. Для оценки состояния противоэрозийной стойкости почвы использовали шкалу М. С. Кузнецова [13] (табл. 1).

Таблица 1. Классификация почв по противоэрозийной стойкости*

Противоэрозийная стойкость почвы	Размывающая скорость водного потока, м/с	Почвы, горизонты
Очень низкая	< 15	Рыхлые пахотные горизонты, без растительности
Низкая	15–20	Пахотные горизонты под зерновыми культурами (плотность почвы < 1,2 кг/м ³)
Средняя	20–30	Пахотные горизонты под зерновыми культурами (плотность почвы > 1,2 кг/м ³)
Высокая	30–50	Пахотные горизонты под травами и зернобобовыми смесями и подпахотные горизонты почв
Очень высокая	> 50	Пахотные горизонты под хорошо развитыми многолетними травами и луговой растительностью

Примечание. *Данные приведены для потока глубиной 1 см.

Результаты исследований и их обсуждение

В научной литературе существуют противоречивые данные относительно влияния механических обработок на противоэрозионную стойкость почв. Приводятся результаты, что безотвальные обработки способствуют повышению содержания в почве эрозионно-устойчивых агрегатов по сравнению с отвальной вспашкой [14]. В других работах доказано, что показатели устойчивости к эрозии зависят от обработки до определенного предела [15] или обработка не оказывает на них непосредственного воздействия [16].

В наших исследованиях определение донной размывающей скорости водного потока ($V_{\Delta p}$) показало, что рыхлый пахотный горизонт почвы непосредственно после проведения механической обработки характеризуется очень низкой устойчивостью к смыву и размыву (менее 15 см/с). Величина $V_{\Delta p}$ колебалась по вариантам с отвальной и безотвальными чизельной и дисковой обработками в пределах 9,4–11,1 см/с. Этот показатель, незначительно более высокий, зафиксирован на безотвальных обработках, что обусловлено защитным влиянием послеуборочных растительных остатков на скорость водного потока (табл. 2).

Результаты исследований свидетельствуют, что устойчивость почв к смыву и размыву существенно зависит от степени их эрозионной деградации и использования.

Так, дерново-подзолистые почвы на лессовидных суглинках, не подверженные эрозии, в зерновом севообороте отличались средней противоэрозионной стойкостью по шкале М. С. Кузнецова. Донная размывающая скорость водного потока для них колебалась в

пределах 20,3–26,5 см/с (в среднем 23,4 см/с). Средне- и сильноэродированные почвы имели низкую устойчивость с $V_{\Delta p}$ 18,5 и 16,5 см/с соответственно.

В травяно-зерновом севообороте с трехлетним возделыванием люцерны посевной неэродированная и среднеэродированная почвы характеризовались высокой устойчивостью, а сильноэродированная почва – средней устойчивостью к смыву. Размывающие скорости водного потока составили соответственно 40,1, 33,1 и 29,8 см/с (табл. 3).

Дерново-подзолистые почвы, сформированные на моренных суглинках, отличались более высокой противоэрозионной устойчивостью по сравнению с почвами на лессовидных суглинках. В зернотравяном севообороте при возделывании зерновых культур и однолетних бобово-злаковых трав $V_{\Delta p}$ неэродированной почвы изменялась по годам от 26,2 до 29,0 см/с, слабо- и среднеэродированной почв – от 23,3 до 26,5, сильноэродированной почвы – от 20,5 до 23,7 см/с, а в среднем составила соответственно 27,0, 24,2 и 22,1 см/с. Следовательно, почвы по величине размывающей скорости водного потока относились по шкале М. С. Кузнецова к средней противоэрозионной стойкости.

В травяно-зерновом севообороте при трехлетнем возделывании люцерны посевной наблюдалось существенное повышение устойчивости почв к смыву. На всех эродированных почвах значения размывающей скорости водного потока были высокими (> 30 см/с), а под люцерной 2-го и 3-го годов пользования она достигала 60 см/с и выше, что соответствует очень высокой противоэрозионной стойкости почвы.

Таблица 2. Влияние обработок почвы в звене севооборота яровая пшеница – озимая рожь – бобово-злаковые травы на размывающую скорость водного потока, см/с

Основная обработка почвы	Эродированность почвы		
	неэродированная	слабо-эродированная	сильно-эродированная
Отвальная вспашка на 20–22 см	10,4	10,1	9,4
Безотвальная чизельная на 20–22 см	11,1	10,4	9,9
Поверхностная дисковая на 10–12 см	11,1	10,3	9,7

Таблица 3. Размывающая скорость водного потока
для дерново-подзолистых почв в разных севооборотах, см/с

Типы севооборота	Культуры севооборота	Степень эродированности почвы			
		неэроди- рованная	слабо- эродированная	средне- эродированная	сильно- эродированная
Дерново-подзолистая почва, сформированная на легких лессовидных суглинках					
Зерновой севооборот	Овес	23,0	–	16,5	16,4
	Яровой рапс	20,3	–	16,4	16,2
	Яровая пшеница	23,7	–	20,5	16,7
	Озимая рожь	26,5	–	20,5	16,7
	Среднее за севооборот	23,4	–	18,5	16,5
Травяно-зерновой севооборот	Однолетние травы + + люцерна	39,9	–	28,1	27,7
	Люцерна 1-го года пользования	39,9	–	34,4	27,7
	Люцерна 2-го года пользования	40,4	–	35,0	28,6
	Люцерна 3-го года пользования	40,4	–	35,0	35,0
	Среднее за севооборот	40,1	–	33,1	29,8
Дерново-подзолистая почва, сформированная на моренных суглинках					
Зерно-травяной севооборот	Однолетние травы	26,2	23,4	23,3	23,7
	Озимая тритикале	26,2	23,4	23,3	20,5
	Однолетние травы	26,5	26,5	26,5	23,7
	Озимая пшеница	29,0	23,7	23,7	20,5
	Среднее за севооборот	27,0	24,2	24,2	22,1
Травяно-зерновой севооборот	Яровая пшеница + + люцерна	30,7	29,0	26,1	23,5
	Люцерна 1-го года пользования	44,4	44,9	45,2	39,9
	Люцерна 2-го года пользования	63,9	57,2	60,6	45,2
	Люцерна 3-го года пользования	60,6	57,2	45,2	45,2
	Среднее за севооборот	49,9	47,1	44,3	38,4

Изучено влияние минеральной и органо-минеральной систем удобрения без известкования и с внесением известковых мелиорантов в зерновом севообороте на противоэрозийную стойкость дерново-подзолистых почв на лессовидных суглинках, в разной степени подверженных водной эрозии. В среднем за севооборот при минеральной системе удоб-

рения размывающая скорость водного потока неэродированной почвы была на уровне 23,4 см/с, среднеэродированной почвы – 18,5 и сильноэродированной почвы – 16,5 см/с. По годам этот показатель колебался. Известкование почв на фоне минеральной системы удобрения незначительно повышало противоэрозийную устойчивость почв (табл. 4).

Таблица 4. Размывающая скорость водного потока для дерново-подзолистых почв при разных системах удобрения в севооборотах, см/с

Система удобрения	Культуры севооборота				Среднее за севооборот
	овес	яровой рапс	яровая пшеница	озимая рожь	
Неэродированная почва					
Минеральная	23,0	20,3	23,7	26,5	23,4
Минеральная + + известкование почвы	25,7	19,9	23,7	26,5	24,0
Органоминеральная	30,4	19,9	23,5	29,0	25,7
Органоминеральная + + известкование почвы	34,4	23,0	23,7	23,7	26,2
Среднеэродированная почва					
Минеральная	16,5	16,4	20,5	20,5	18,5
Минеральная + + известкование почвы	16,5	16,5	20,5	20,5	18,5
Органоминеральная	20,1	20,1	20,5	26,5	21,8
Органоминеральная + + известкование почвы	20,3	20,1	20,5	26,5	21,9
Сильноэродированная почва					
Минеральная	16,4	16,2	16,7	16,7	16,5
Минеральная + + известкование почвы	16,4	16,4	20,5	16,7	17,5
Органоминеральная	16,5	16,5	20,5	23,7	19,3
Органоминеральная + + известкование почвы	16,4	16,5	20,5	20,5	18,5

Применение органоминеральной системы удобрения способствовало некоторому улучшению устойчивости почв к смыву. Размывающая скорость водного потока составила в среднем за севооборот на неэродированной почве 25,7 см/с, на среднеэродированной почве – 21,8 и на сильноэродированной почве – 18,5 см/с. Внесение известковых мелиорантов на фоне органоминеральной системы удобрения не привело к повышению $V_{\Delta p}$.

Результаты изучения влияния разных севооборотов и систем удобрения на водоустойчивость макроструктуры (соотношение агрегатов диаметром $\geq 0,25$ мм при водном и сухом просеивании) в разной степени эродированных дерново-подзолистых почв, сформированных на лессовидных и моренных суглинках, представлены в [17]. Выполненный корреляционно-регрессионный анализ сопряженных данных показал, что между значениями во-

доустойчивости почвенной макроструктуры и размывающей скоростью водного потока для дерново-подзолистых почв существует корреляционная связь средней силы ($r = 0,52$), которая описывается уравнением $y = 0,4728x + 17,17$ (рис. 1).

Установлена тесная корреляционная взаимосвязь ($r = 0,76$) размывающей скорости водного потока для дерново-подзолистых почв с показателем средневзвешенного диаметра водопрочных агрегатов (рис. 2). При средневзвешенном диаметре водопрочных

агрегатов 0,2–0,4 мм размывающая скорость водного потока может изменяться от 15 до 30 см/с, что соответствует по шкале М. С. Кузнецова низкой и средней противоэрозионной стойкости почвы. При диаметре агрегатов от 0,5 до 0,8 мм величина размывающей скорости водного потока (30–50 см/с) соответствует высокой противоэрозионной стойкости почвы. Очень высокой противоэрозионной стойкостью обладают почвы со средневзвешенным диаметром водопрочных агрегатов $> 0,8$ мм и $V_{\Delta p} > 50$ см/с.

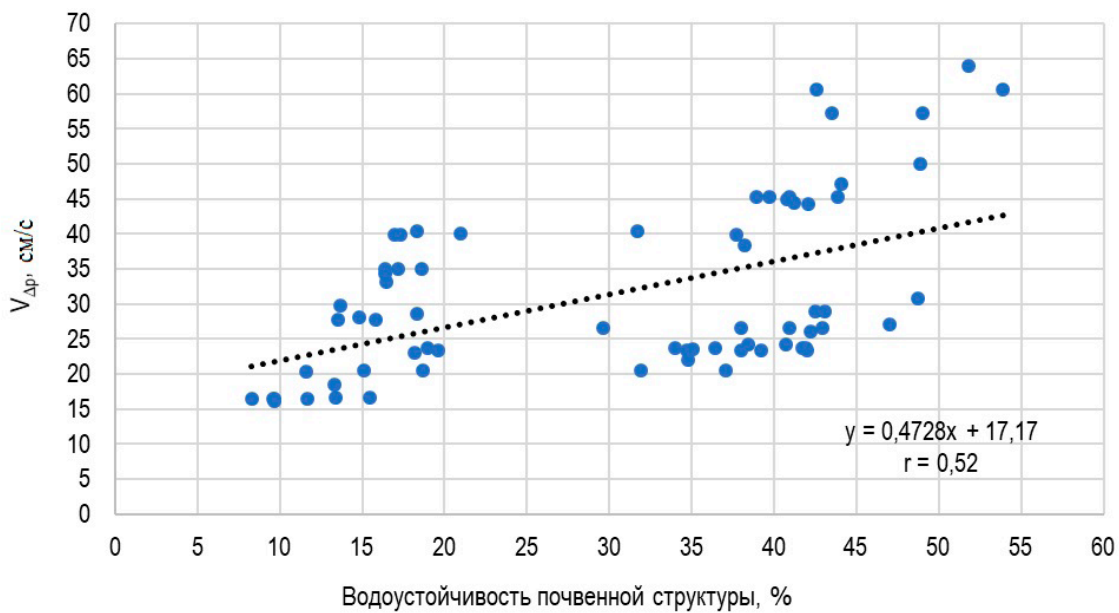


Рис. 1. Зависимость размывающей скорости водного потока ($V_{\Delta p}$) от водоустойчивости макроструктуры почвы

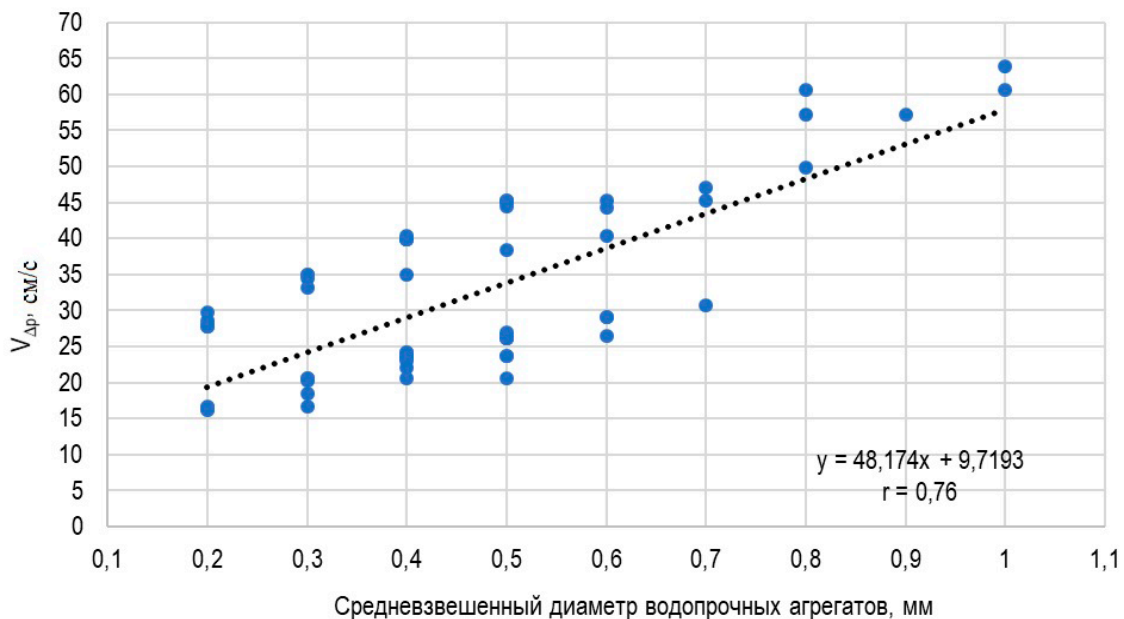


Рис. 2. Зависимость размывающей скорости водного потока ($V_{\Delta p}$) от средневзвешенного диаметра водопрочных агрегатов в почве

Выводы

1. Дерново-подзолистые почвы непосредственно после проведения их механической обработки характеризуются очень низкой устойчивостью к смыву и размыву. Величина размывающей скорости водного потока составляет при отвальной и безотвальных чизельной и дисковой обработках 9,4–11,1 см/с. Незначительно выше этот показатель на безотвальных обработках, что обусловлено защитным влиянием послеуборочных растительных остатков. Устойчивость почв к размыву снижается с повышением степени их эрозионной деградации.

2. Использование эродированных почв в почвозащитных травяно-зерновых севооборотах способствует повышению их противоэрозионной стойкости. Средне- и сильноэродированные почвы на лессовидных суглинках в зерновом севообороте отличались низкими значениями $V_{\Delta p}$ (16,5–18,5 см/с), а в травяно-зерновом севообороте с трехлетним возделыванием люцерны – высоким и средним $V_{\Delta p}$ (33,1 и 29,8 см/с).

3. На фоне применения органоминеральной системы удобрения в севообороте наблю-

далось незначительное повышение противоэрозионной стойкости почв по сравнению с минеральной системой удобрения. Размывающая скорость водного потока составила в среднем на неэродированной почве 25,7 см/с, на среднеэродированной почве – 21,8 и на сильноэродированной почве – 18,5 см/с. Внешение известковых мелиорантов на органоминеральной системе удобрения не привело к повышению $V_{\Delta p}$.

4. Установлена тесная корреляционная связь ($r = 0,76$) размывающей скорости водного потока для дерново-подзолистых почв с показателем средневзвешенного диаметра водопрочных агрегатов. При средневзвешенном диаметре водопрочных агрегатов 0,2–0,4 мм размывающая скорость водного потока может изменяться от 15 до 30 см/с, что соответствует низкой и средней противоэрозионной стойкости почвы. При диаметре агрегатов от 0,5 до 0,8 мм величина $V_{\Delta p}$ соответствует высокой противоэрозионной стойкости почвы. Очень высокой противоэрозионной стойкостью обладают почвы со средневзвешенным диаметром водопрочных агрегатов $> 0,8$ мм и $V_{\Delta p} > 50$ см/с.

Библиографический список

1. Лисецкий, Ф. Н. Современные проблемы эрозиоведения / Ф. Н. Лисецкий, А. А. Светличный, С. Г. Черный. – Белгород : Константа, 2012. – 456 с.
2. Кузнецов, М. С. Противоэрозионная стойкость почв / М. С. Кузнецов. – Москва : Изд-во МГУ, 1981. – 135 с.
3. Мирцхулава, Ц. Е. Основы физики и механики эрозии русел / Ц. Е. Мирцхулава. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1988. – 304 с.
4. Foster, G. R. Modeling the erosion process / G. R. Foster // Hydrologic modeling of small watersheds : monograph / American Society of Agricultural Engineers ; ed. by C. T. Haan, H. P. Johnson, D. L. Brakensiek. – 1982. – Ch. 5. – P. 297–380.
5. Ларионов, Г. А. Вероятностная модель размыва почв и связных грунтов / Г. А. Ларионов, С. Ф. Краснов // Почвоведение. – 2000. – № 2. – С. 235–242.
6. Определение гидрофизических параметров почвы в модели эрозии / Г. А. Ларионов, А. В. Горобец, Н. Г. Добровольская, З. П. Кирюхина, С. Ф. Краснов, Л. Ф. Литвин // Почвоведение. – 2010. – № 4. – С. 488–494.
7. Nearing, M. A. Soil Detachment by Shallow Flow at Low Slopes / M. A. Nearing, J. M. Bradford, S. C. Parker // Soil Science Society of America Journ. – 1991. – Vol. 55, Iss. 2. – P. 339–344. <https://doi.org/10.2136/sssaj1991.03615995005500020006x>
8. Wischmeier, W. H. Predicting rainfall erosion losses : a guide to conservation planning / W. H. Wischmeier, D. D. Smith // Agriculture Handbook, N 537. – Washington, DC, 1978. – 58 p.

9. Кузнецов, М. С. Скорость потока, размывающая почву, как характеристика ее противоэрозионной стойкости / М. С. Кузнецов // Эрозия почв и русловые процессы. – 1978. – Вып. 6. – С. 86–106.
10. Кузнецов, М. С. Противоэрозионная стойкость некоторых почв Таджикистана / М. С. Кузнецов, О. А. Базаров // Почвоведение. – 1993. – № 4. – С. 96–103.
11. Булыгин, С. Ю. Параметры эрозионной стойкости почв лесостепной зоны Украины / С. Ю. Булыгин, Г. А. Можейко // Почвоведение. – 1995. – № 6. – С. 768–774.
12. Теория и методы физики почв : коллект. монография / Е. В. Шеин [и др.] ; под общ. ред. Е. В. Шеина и Л. О. Карпачевского. – Москва : Гриф и К, 2007. – 616 с.
13. Кузнецов, М. С. Эрозия и охрана почв / М. С. Кузнецов, Г. П. Глазунов. – Москва : Изд-во МГУ, 2004. – 350 с.
14. Дрогозов, С. Е. Восстановление структуры эродированных почв / С. Е. Дрогозов // Почвоведение. – 1993. – № 6. – С. 45–51.
15. Швебс, Г. И. Теоретические вопросы почвозащитного земледелия / Г. И. Швебс // Вестн. с.-х. науки. – 1986. – № 8. – С. 11–13.
16. Булыгин, С. Ю. К оценке влияния механической обработки на почву / С. Ю. Булыгин, Т. Д. Комарова // Почвоведение. – 1990. – № 6. – С. 135–138.
17. Цыбулько, Н. Н. Влияние севооборотов и систем удобрения на водоустойчивость структуры дерново-подзолистых почв, подверженных эрозии / Н. Н. Цыбулько, В. Б. Цырибко, И. А. Логачёв // Мелиорация. – 2024. – № 1 (107). – С. 56–64.

Поступила 25 июня 2024 г.

НАШИ ЮБИЛЯРЫ



**ГЕОРГИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ
ГУЛЮК**
(к 80-летию)

Георгий Григорьевич Гулюк родился 23 июля 1944 г. в д. Ерёмичи Кобринского р-на Брестской обл. в крестьянской семье.

После окончания в 1962 г. Минянской средней школы стал работать там же лаборантом, после службы в Советской армии (1963–1966) трудился в Ерёмичском СМУ треста «Брестводстрой». В 1966–1973 гг. – рабочий, бригадир, прораб Ерёмичской МТС; с 1973-го по 1977 г. – главный инженер, начальник ПМК 8-го треста «Брестводстрой» в г. Малорите Брестской обл.

В 1979 г. окончил Белорусскую сельскохозяйственную академию по специальности «гидромелиорация». В 1977 г. приглашен на работу в г. Вологду, где работал главным инженером, начальником объединения «Вологдамелиорация», заместителем председателя областного объединения «Вологдааггострой». Избирался членом Вологодского обкома КПСС и облисполкома.

В 1988 г. переведен на работу в Москву. В период 1988–1999 гг. Георгий Григорьевич работал заместителем начальника Главнечерноземмелиоводхоза при Госагропроме Нечерноземной зоны РСФСР, заместителем председателя Госагропрома Нечерноземной зоны РСФСР, президентом агростроительно-промышленной корпорации «Центр-инжсельстрой».

В 1999–2001 гг. – руководитель Департамента мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения Министерства сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации. В 2001–2004 гг. – член коллегии Министерства сельского хозяйства России, вице-президент Международной комиссии по ирригации и дренажу. С 2005 г. – директор Департамента мелиорации и технического обеспечения Министерства сельского хозяйства.

С 2015 г. Георгий Григорьевич возглавляет отраслевой научно-технический журнал «Мелиорация и водное хозяйство». Большой производственный и научный опыт позволяет ему как главному редактору формировать эффективную политику журнала, объективно представлять результаты разнообразных исследований, содействовать их продвижению в отечественное и международное научное пространство, тем самым способствуя развитию мелиоративной науки.

Г. Г. Гулюк – действительный государственный советник 2-го класса (классный чин присвоен Указом Президента России в 2008 г.). Имеет звание «Заслуженный мелиоратор РСФСР», участник ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС.

За высочайший профессионализм и компетентность, многолетний плодотворный труд и значительный личный вклад в развитие мелиоративной отрасли России награжден орденом Почета, медалью «За преобразование Нечерноземья РСФСР», 8-ю медалями, благодарностью Первого заместителя председателя комитета по аграрно-продовольственной политике и природопользованию, Почетной грамотой Комитета Государственной Думы по аграрным вопросам.

Редколлегия журнала «Мелиорация» сердечно поздравляет Георгия Григорьевича Гулюка со славным юбилеем и желает крепкого здоровья, новых творческих успехов, семейного благополучия и счастливой жизни на долгие годы.



ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ ФИЛИППОВ (к 75-летию)

Владимир Николаевич Филиппов родился 6 августа 1949 г. в д. Потароновка Климовичского р-на Могилевской обл.

В 1973 г. окончил учебу на агрономическом факультете Белорусской государственной сельскохозяйственной академии и получил специальность ученого агронома. Трудовую деятельность начал в должности старшего агронома колхоза имени С. М. Кирова Пинского р-на Брестской обл. После службы в Советской армии работал старшим агрономом-мелиоратором в знаменитом колхозе «Оснежицкий», удостоенном в 1966 г. ордена Ленина.

В период 1975–1987 гг. работал главным агрономом экспериментальной базы Полесской опытно-мелиоративной станции, заместителем директора по производству, директором экспериментальной базы ПОМС. В 1987–2000 гг. – директор Полесской опытно-мелиоративной станции БелНИИиВХ.

В 1992 г. Владимир Николаевич защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по теме «Эффективность стоков свиноводческих комплексов на старопашотных торфяных и дерново-подзолистых супесчаных почвах». Являясь учеником академика С. Г. Скоропанова и последователем его идей, В. Н. Филиппов активно участвовал в научно-исследовательской работе, разработке мероприятий, позволяющих рационально использовать осушенные торфяные почвы, повышать их плодородие и сохранять продуктивное долголетие.

При личном участии Владимира Николаевича и его руководстве Полесская опытно-мелиоративная станция и ее экспериментальная база достигли высоких устойчивых показателей в производственной и научной деятельности, а также социальной сфере. Продуктивность одного гектара всех мелиорированных земель станции составила

90 ц к. ед. В 1987 г. коллектив станции и экспериментальной базы был награжден Почетной грамотой Верховного Совета Республики Беларусь.

В. Н. Филиппов – автор и соавтор более 50 научных публикаций, рекомендаций по различным вопросам рационального и эффективного использования сельскохозяйственных земель и мелиорированных почв, повышения и сохранения их плодородия; имеет 2 авторских свидетельства на изобретения.

В 2000 г. Владимир Николаевич был назначен советником председателя Минского облисполкома. С 2003-го по 2008 г. он работал первым заместителем председателя комитета по сельскому хозяйству облисполкома, начальником сельскохозяйственного учреждения «Минская областная государственная семенная инспекция», первым заместителем директора ГУ «Минская областная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений», заместителем директора Минского областного межхозяйственного предприятия по производству и доработке семян трав.

В 2008–2013 гг. – главный специалист в Департаменте по хлебопродуктам Министерства сельского хозяйства и продовольствия Беларуси. В 2018 г. пришел на работу в наш институт, где первое время трудился старшим научным сотрудником, а с 2020 г. по настоящее время – ведущим научным сотрудником.

В. Н. Филиппов неоднократно избирался депутатом сельского и районного советов, являлся председателем постоянной комиссии по сельскому хозяйству Лунинецкого районного совета депутатов.

Награжден Почетными грамотами Минводхоза СССР, Минсельхозпрода БССР, Брестского областного совета депутатов, Лунинецкого райисполкома и райсовета депутатов, БелНИИМиВХ, медалями ВДНХ СССР. За время работы в Минском облисполкоме получил четыре благодарности за качественное исполнение служебных обязанностей и внедрение актуальных научных достижений в сельскохозяйственное производство Минской области.

Коллектив института поздравляет Владимира Николаевича с юбилеем, желает ему крепкого здоровья, успехов в работе и долгих лет жизни.



ВАСИЛИЙ ПЕТРОВИЧ ЗАКРЖЕВСКИЙ (к 70-летию)

Василий Петрович Закржевский родился 26 августа 1954 г. в г. Горки Могилевской обл.

В 1984 г. окончил гидромелиоративный факультет Белорусской сельскохозяйственной академии и получил специальность инженера-гидротехника.

В Институте мелиорации работает с 1980 г. инженером, младшим, затем старшим научным сотрудником лаборатории технологии эксплуатационных и агро-мелиоративных работ, старшим научным сотрудником лаборатории эксплуатации мелиоративных систем. Разработчик агрегата для ухода за гидротехническими сооружениями АУГ-1 и АУГ-2, поискового прибора для обнаружения повреждения дренажных коллекторов, комплекса средств диагностики закрытого дренажа КСД-160, комплекса средств диагностики внутреннего состояния закрытого дренажа КСД-160У, поискового комплекта оборудования для обнаружения и повреждения закрытого дренажа ПУ-2. Все названное оборудование внедрено в производство.

В. П. Закржевский получил 15 авторских свидетельств на изобретения, опубликовал 28 научных работ по вопросам механизации эксплуатационных работ, диагностики внутреннего состояния закрытых дренажных систем и труднодоступных элементов гидротехнических сооружений на мелиоративной сети. Ведет направление перспективных радиотехнических разработок, включая беспроводные системы.

В 1980-е гг. Василий Петрович был дважды отмечен как лучший по профессии в рамках внутриинститутского конкурса. Награжден серебряными и бронзовой медалями ВДНХ СССР, медалью Всероссийского выставочного центра, дипломом и Почетной грамотой БелНИИ мелиорации и луговодства, Почетной грамотой Белмелиоводхоза, ГПО по строительству и эксплуатации водохозяйственных систем, нагрудным знаком «Ганаровы меліаратар». Один из соавторов монографии «Техническая эксплуатация закрытой мелиоративной сети», вошедшей в ТОП-10 по результатам деятельности ученых Национальной академии наук Беларуси в области фундаментальных и прикладных исследований за 2022 г.

Коллектив института сердечно поздравляет Василия Петровича с юбилеем, желает ему крепкого здоровья, творческих успехов и долголетия.



**РАИСА ТАДЕУШЕВНА
ПАСТУШОК
(к 55-летию)**

Раиса Тадеушевна Пастушок родилась 11 сентября 1969 г. в г. Иваново Брестской обл.

В 1992 г. окончила географический факультет Белорусского государственного университета, затем поступила в аспирантуру БелНИИ почвоведения и агрохимии. После ее окончания была распределена на работу в Белорусский НИИ мелиорации и луговодства (ныне – РУП «Институт мелиорации»), где прошла путь от младшего научного сотрудника до заведующего лабораторией сенокосов и пастбищ на мелиорированных землях, занимаясь разработкой эффективной системы производства травяных кормов, созданием и эксплуатацией долгодетных высокопродуктивных сенокосов и пастбищ.

В 2016 г. Раиса Тадеушевна защитила кандидатскую диссертацию на тему «Способы повышения продуктивности старовозрастных луговых травостоев на мелиорированных почвах Поозерья»; в октябре 2021 г. ей присвоено ученое звание доцента по специальности «агрономия».

Автор 15 технологических регламентов и рекомендаций, которые внедрены в сельскохозяйственное производство Республики Беларусь.

За участие в учебе агрономических кадров получила благодарность Комитета по сельскому хозяйству и продовольствию Витебского областного исполнительного комитета (2023).

Р. Т. Пастушок – член Ученого совета Института мелиорации; ведет работу по подготовке научных кадров высшей квалификации, осуществляет научное руководство соискателей; входит в состав государственной аттестационной комиссии РУП «Институт мелиорации» по специальностям 06.01.06 – Луговодство, кормопроизводство. Лекарственные и эфирно-масличные культуры, 06.01.02 – Мелиорация, рекультивация и охрана земель (сельскохозяйственные науки).

Сердечно поздравляем Раису Тадеушевну со знаменательной датой и желаем, чтобы работа приносила желаемые плоды, а жизнь наполнялась только положительными эмоциями. Радости, любви, успехов и удач!

• ЧТОБЫ ПОМНИЛИ •



АНДРЕЙ ФЕДОРОВИЧ ПЕЧКУРОВ (к 125-летию)

Андрей Федорович Печкуров родился 5 июня 1899 г. в г. Кричеве Могилевской обл. В годы гражданской войны служил красноармейцем (1919–1920).

В 1927 г. окончил инженерно-мелиоративный факультет Горецкого сельскохозяйственного института и получил специальность инженера-гидротехника. Учебу совмещал с практической работой. В 1924–1927 г. трудился гидротехником управления мелиорации и торфа Наркомзема БССР и Мозырского окружного земельного отдела.

Желая повысить профессиональную квалификацию, в 1927 г. перешел на работу во Всесоюзный НИИ сельского и лесного хозяйства на должность ассистента отдела осушения, где с 1930-го по 1941 г. работал уже старшим научным сотрудником.

В 1932 г. защитил кандидатскую диссертацию и получил степень кандидата наук.

С начала Великой Отечественной войны служил на фронте, где проявил себя как инициативный, отважный и мужественный боец. Был неоднократно ранен. К концу войны дослужился до командира роты 122-й Отдельной дорожно-строительной бригады Первой ударной армии.

После окончания боевых действий сразу же вернулся на работу в родной Белорусский научно-исследовательский институт мелиорации и водного хозяйства, где продолжительное время заведовал гидротехнической лабораторией (1945–1976) и одновременно являлся заместителем директора института по научной работе (1955–1969). С 1976-го по 1990 г. работал в институте старшим научным сотрудником.

В 1962 г. защитил докторскую диссертацию по теме «Устойчивость русла рек и каналов осушительных систем БССР», в том же году получил звание профессора, а в 1974 г. – почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники БССР».

Андрей Федорович – автор более 100 опубликованных научных работ (в том числе трех монографий), многочисленных методических и нормативных документов. Разработки ученого в области гидротехнических мелиораций, в частности регулирования водного режима торфяных почв и повышения устойчивости русел рек и каналов, вошли во многие учебники, нормативные и методические документы, проектные решения.

На протяжении многих лет А. Ф. Печкуров был бессменным членом ученого совета института, членом двух советов по защите диссертаций, членом межведомственного и межреспубликанского советов, научным консультантом Белгипроводхоза. Подготовил 12 кандидатов наук.

За заслуги в военное и мирное время Андрей Федорович Печкуров награжден орденами Красной Звезды, Отечественной войны I и II степени, «Знак Почета», шестью медалями СССР, почетными грамотами Верховного Совета БССР, Минводхоза СССР и БССР, БелНИИМиВХ, золотой и серебряной медалями и дипломами ВДНХ СССР.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. В журнале печатаются оригинальные материалы, не опубликованные ранее в других печатных изданиях.

2. Статья должна быть направлена в редакцию журнала «Мелиорация» в соответствии с **Порядком представления рукописей статей** (см.: <https://niimel.by>, сайт РУП «Институт мелиорации», Журнал «Мелиорация»).

3. Статья должна быть написана на русском языке, а аннотация – на русском и английском языках.

4. Объем статьи должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14 тыс. печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.), но не более 0,5 авторского листа (20 тыс. печатных знаков), включая текст, иллюстрации, таблицы, библиографический список.

5. Представляемые материалы должны иметь следующую структуру:

индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК);

аннотацию на указанных языках (500 знаков);

ключевые слова на русском и английском языках;

введение;

основную часть, где излагается методика исследования, обсуждаются полученные результаты, представляются графики и рисунки;

заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;

библиографический список.

6. В разделе «Введение» должен быть дан краткий обзор литературы по исследуемой проблеме, указаны не решенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы.

7. В Основной части статьи должны содержаться: описание объекта/-ов и метода/-ов исследования, подробное освещение содержания исследований, проведенных автором/-ами. Полученные результаты должны быть обсуждены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными.

8. В разделе «Заключение» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

9. Библиографический список оформляется в соответствии с приказом ВАК Республики Беларусь от 08.09.2016 №206, располагается в конце статьи, источники нумеруются согласно порядку цитирования и заключаются в квадратные скобки (например: [1], [2]). Обязательно указывается общее количество страниц в книге или номера страниц в статье от ее начала до окончания. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

10. Иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте.

11. Тексты статей набираются кеглем 11, шрифт – Arial Narrow, междустрочный интервал – 1,2, отступ – 1. Обязательно прилагаются распечатанные на бумажных листах 2 экземпляра статьи, подписанные авторами.

12. Электронный вариант следует набирать в *Microsoft Word*, формулы – в формульном редакторе *Office*. Вставку символов выполнять через меню «Вставка\Символ». Выключку вверх и вниз (H2, H1) выполнять через меню «Формат\Шрифт\Верхний индекс», «Формат\Шрифт\Нижний индекс». Латинские буквы набираются курсивом. Греческие буквы и другие математические знаки следует брать из гарнитуры *Symbol*. Математические формулы (lim, sum, ln, sin, Re, Im и т. д.) и цифры набираются прямым начертанием.

13. Рисунки представляются в виде отдельных файлов в формате TIFF или JPEG 300—600 точек на дюйм. Текст на рисунках должен быть набран гарнитурой *Arial*, курсив. Размер кегля соизмерим с размером рисунка (желательно кегль 8). Площадь простых рисунков не должна превышать 100–150 см², размер сложных – не более 130–160 см².

14. Размерность всех величин, используемых в статьях, должна соответствовать Международной системе единиц измерения (СИ).

15. Редакция оставляет за собой право сокращать текст и вносить в него редакционные правки.