

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

Материалы Международной заочной научно-практической конференции,
посвященной памяти М. Г. Голченко

Горки, 20–21 апреля 2023 г.

Горки
БГСХА
2023

УДК 631.6:574(06)

ББК 40.6я43

А43

Редакционная коллегия:

В. И. Желязко (гл. редактор); А. А. Волчек; Ю. А. Мажайский;
Ю. Н. Дуброва; В. М. Лукашевич; В. В. Копытовский;
М. Г. О. Мустафаев; В. В. Васильев; Е. Н. Крючков

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент О. П. Мешик;
кандидат технических наук, доцент А. С. Анженков

**А43 Актуальные научно-технические и экологические про-
блемы мелиорации земель : материалы Международной заоч-
ной научно-практической конференции, посвященной памяти
М. Г. Голченко / Белорусская государственная сельскохозяй-
ственная академия; редкол.: В. И. Желязко (гл. ред.) [и др.]. –
Горки, 2023. – 260 с.
ISBN 978-985-882-439-6.**

Приведены научные статьи ученых из трех стран: Беларуси, России, Азербайджана. Особое место отведено проблеме загрязнения и нехватки водных ресурсов. Подчеркнута важность оросительных мелиораций в Беларуси, поскольку ее территория относится к зоне с неустойчивой естественной влагообеспеченностью.

Для научных работников, преподавателей и специалистов в области мелиорации земель.

За точность и достоверность представленных материалов ответственность несут авторы статей.

УДК 631.6:574(06)

ББК 40.6я43

ISBN 978-985-882-439-6

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2023

**М. Г. ГОЛЧЕНКО –
ОСНОВАТЕЛЬ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ
ПО ОРОСИТЕЛЬНЫМ МЕЛИОРАЦИЯМ**

В. И. Желязко, д-р с.-х. наук, профессор,
заведующий кафедрой МиВХ
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: научно-педагогическая школа, орошение земель, водосберегающие технологии, режимы орошения, технология полива, список публикаций.

Аннотация. В статье излагаются основные итоги трудовой деятельности доктора технических наук, профессора, заслуженного работника народного образования Республики Беларусь Голченко Михаила Герасимовича, который является основателем научно-педагогической школы по оросительным мелиорациям.

Keywords: scientific and pedagogical school, irrigation of lands, water-saving technologies, irrigation regimes, irrigation technology, list of publications.

Summary. The article presents the main results of the work of Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Public Education of the Republic of Belarus Mikhail Gerasimovich Golchenko, who was the founder of the scientific and pedagogical school for irrigation reclamation.

На территории Республики Беларусь оросительные мелиорации в широких производственных масштабах начали применяться с середины 60-х гг. прошлого века. Однако научного обоснования этой новой технологии интенсификации сельскохозяйственного производства (прежде всего режим и технологии орошения) с учетом почвенно-климатических и организационно-экономических условий Беларуси не было. Это и предопределило необходимость научного обоснования новой для того времени мелиоративной технологии – орошения земель.

У истоков развития научной школы по оросительным мелиорациям в Беларуси стоял Голченко Михаил Герасимович – доктор технических наук, профессор, заслуженный работник народного образования Республики Беларусь. В 2023 г. ему исполнилось бы 80 лет.

М. Г. Голченко родился 20 апреля 1943 г. в д. Плещицы Шкловского района Могилевской области. В 1960 г. окончил с серебряной медалью Заходскую школу и поступил на учебу в академию на гидромелиоративный факультет.

В 1965 г. после окончания БСХА служил в рядах Советской Армии. С 1966 г. по распределению работал на кафедре сельскохозяйственных мелиораций: ассистентом (до 1970 г.), старшим преподавателем (до 1972 г.), доцентом (до 1983 г.). С 1975 по 1983 г. работал деканом гидромелиоративного факультета академии, а с 1983 по 1986 г. работал освобожденным секретарем партийного комитета академии. В 1986–1991 гг. – доцент, а с 1991 г. работал профессором кафедры мелиорации и водного хозяйства.

В 1971 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему: «Вопросы увлажнения территории Белоруссии и поливного режима сельскохозяйственных культур». В дальнейшем идеи и методики Михаила Герасимовича получили развитие в работах его учеников. Им подготовлено 11 кандидатов наук, один из которых впоследствии защитил докторскую диссертацию, а четыре – самостоятельно руководят аспирантами и соискателями. Исследования профессор М. Г. Голченко проводил по программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера», программам ГКНТ СССР, Межреспубликанской программе научных исследований учреждений АН УССР, АН БССР и АН МССР и целого ряда Республиканских комплексных программ. Он является автором 320 научных и методических работ, в том числе 24 монографий, книг, справочников, учебников и учебных пособий. Научный консультант и соавтор энциклопедического справочника «Мелиорация» (БелСЭ, 1984). Разработки научной школы и его руководителя широко внедрены в учебный процесс вузов и факультетов мелиоративного профиля Республики Беларусь, Российской Федерации и других стран. Подготовлены и изданы 1 учебник и 8 учебных пособий для вузов, имеющих соответствующий гриф союзного и республиканского органов образования. Разработано, утверждено и издано 13 нормативных документов. Результаты исследований явились основой доклада «Водосберегающие способы и технологии орошения в Белоруссии», представленного правительством Белорусской ССР на Международном симпозиуме во Франции (Авиньон, 1989), где получили одобрение. Разработки использовались при составлении более 250 проектов орошения земель в Беларуси, а также при составлении схем комплексного использования водных ресурсов в бассейнах всех крупных рек Республики Беларусь.

В процессе развития школы под руководством М. Г. Голченко получено 38 авторских свидетельств и патентов на изобретения. В последние годы начала развиваться новая (дочерняя) научная школа по разработке эколого-мелиоративных основ орошения земель стоками свиноводческих комплексов в условиях техногенных агроландшафтов (руководитель доктор сельскохозяйственных наук Желязко Владимир Иосифович). Опубликовано более 200 научных и учебно-методических работ, в том числе 13 монографий, книг, справочников и учебных пособий. Автор (соавтор) 32 авторских свидетельств и патентов на изобретения, а также 11 нормативных документов.

В настоящее время научно-педагогическая школа находится в стадии зрелости и основными направлениями ее научных исследований являются:

- изучение естественных ресурсов влаги и тепла на минеральных почвах Республики Беларусь и обоснование необходимости орошения сельхозугодий на этих почвах;
- разработка режимов и технологий оросительных мелиораций с учетом ресурсосбережения и экологических требований;
- разработка новых способов и устройств орошения.

Материально-техническая база, имеющаяся в распоряжении научной школы, включает учебно-опытный оросительный комплекс «Тушково-1», оснащенный новейшей дождевальной техникой стран Западной Европы, США и России, научно-исследовательскую лабораторию и студенческую научно-исследовательскую лабораторию «Инновационные технологии мелиорации земель», руководителем которой является профессор В. И. Желязко.

Много внимания школа уделяет интеграции науки, образования и производства, заключающейся во взаимодействии с РУП «Институт мелиорации», другими учреждениями стран СНГ и близкого зарубежья. Разработки ученых школы приняли участие в Международном Российско-Белорусско-Польском проекте по сохранению и восстановлению плодородия деградированных почв, который стал победителем конкурса «Национальная экологическая премия за 2008 год». Учредители: Комитет Совета Федерации по образованию и науке Российской Федерации, Фонд им. В. И. Вернадского, Комитет Государственной думы Российской Федерации по природным ресурсам, природопользованию и экологии.

Кроме того, воспитанники школы явились соисполнителями НИР в составе Международного сотрудничества стран СНГ по разработке

научно обоснованных норм водопотребления и водоотведения, а также методов обеспечения нормированного экологически безопасного водопользования в отраслях агропромышленного комплекса (2006–2012 гг.).

Ученики и коллеги чтят память о выдающемся ученом и педагоге М. Г. Голченко. Его имя присвоено учебной аудитории 701, в которой неоднократно профессор Голченко М. Г. читал лекции студентам.

ЛИТЕРАТУРА

Основные публикации профессора М. Г. Голченко и его учеников

Учебники и учебные пособия

1. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации: Учебник для студентов специальности «Мелиорация и водное хозяйство» сельскохозяйственных высших учебных заведений / Г. И. Афанасик, М. Г. Голченко, А. П. Лихацевич, Г. И. Михайлов; под ред. А. П. Лихацевича. – Мн.: Тэхналогія, 2000. – 436 с.

2. Лихацевич, А. П. Сельскохозяйственные мелиорации: учебник для студентов высших учебных заведений по специальности “Мелиорация и водное хозяйство” / А. П. Лихацевич, М. Г. Голченко, Г. И. Михайлов; под ред. А. П. Лихацевича. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 464 с.

3. Голченко, М. Г. Орошение и оросительные системы: учеб. пособие / М. Г. Голченко. – Ч. 1. – Горки: БГСХА, 1975. – 48 с.

4. Голченко, М. Г. Орошение и оросительные системы: учеб. пособие / М. Г. Голченко. – Ч. 2. – Горки: БГСХА, 1977. – 46 с.

5. Голченко, М. Г. Особенности оросительных мелиораций в развивающихся странах: учеб. пособие / М. Г. Голченко, А. В. Шуравилин, А. А. Масловский. – Горки: БГСХА, 1979. – 74 с.

6. Голченко, М. Г. Сельскохозяйственные мелиорации: учеб. пособие / М. Г. Голченко, Г. И. Михайлов, А. М. Ахтанина. – Мн.: Ураджай, 1982. – 160 с.

7. Голченко, М. Г. Орошение животноводческими стоками: учеб. пособие / М. Г. Голченко, В. И. Желязко. – Горки: БГСХА, 1982. – 32 с.

8. Голченко, М. Г. Введение в специальность: учеб. пособие для студентов вузов по гидромелиоративным специальностям / М. Г. Голченко. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 160 с.

9. Голченко, М. Г. Мелиорация и эксплуатация гидромелиоративных систем: учеб. пособие для высш. с.-х. учеб. заведений по спец. 1514 “Механизация гидромелиоративных работ” / М. Г. Голченко, Г. И. Михайлов, П. У. Равовой; под общ. ред. М. Г. Голченко. – Мн.: Высш. шк. 1985. – 303 с.

10. Лихацевич, А. П. Ресурсосберегающие режимы и технологии дождевания сельскохозяйственных культур в гумидной зоне: учеб. пособие / А. П. Лихацевич, М. Г. Голченко. Горки, БГСХА, 1988. – 40 с.

11. Голченко, М. Г. Орошение сточными водами: учеб. пособие для слушателей учебных заведений по повышению квалификации специалистов агропромышленного комплекса / М. Г. Голченко, В. И. Желязко. – М.: Агропромиздат, 1988. – 104 с.

12. Голченко, М. Г. Оросительные мелиорации: учеб. пособие для студентов вузов / М. Г. Голченко. – Мн.: Высш. Шк., 1989. – 272 с.
13. Сельскохозяйственные мелиорации: учеб. пособие / Г. И. Михайлов, М. Г. Голченко, В. И. Камасин, А. М. Ахтанина. – Мн.: Ураджай, 1990. – 240 с.
14. Земледелие, почвоведение и мелиорация: учеб. пособие / В. В. Ермоленков [и др.]; под ред. В. В. Ермоленкова. – Мн.: Ураджай, 2000. – 196 с.
15. Голченко, М. Г. Мелиорация и водное хозяйство. Введение в специальность: учеб. пособие для студентов вузов / М. Г. Голченко, Т. Д. Лагун, В. Н. Основин; под ред. М. Г. Голченко. – Минск: Бестпиринт, 2004. – 201 с.
16. Голченко, М. Г. Орошение сточными водами: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 1-74 05 01 – мелиорация и водное хозяйство / М. Г. Голченко, В. И. Желязко. – Горки: БГСХА, 2008. – 96 с.

Научные монографии

1. Голченко, М. Г. Влагообеспеченность и орошение земель в Белоруссии / М. Г. Голченко. – Минск: Ураджай, 1976. – 192 с.
2. Голченко, М. Г. Орошение садов и ягодников / М. Г. Голченко, А. С. Девятов, Т. Д. Лагун. – Минск: Ураджай, 1985. – 191 с.
3. Голченко, М. Г. Интенсификация орошаемого овощеводства / М. Г. Голченко, О. А. Шавлинский, В. Г. Казеко. – Минск: Ураджай, 1987. – 184 с.
4. Утилизация сточных вод и животноводческих стоков / В. И. Желязко [и др.]. – М.: Изд-во ООО «Эдель-М», 2001. – 183 с.
5. Экологические и медико-социальные аспекты охраны природной среды и здоровья населения / В. И. Желязко [и др.]. – Минск: Хата, 2002. – 284 с.
6. Желязко, В. И. Эколого-мелиоративные основы орошения земель стоками свиноводческих комплексов / В. И. Желязко. – Горки: БГСХА, 2003. – 168 с.
7. Экологические аспекты мелиорации земель юга Нечерноземья / Я. В. Бочкарев [и др.]; под общ. ред. Ю. А. Мажайского, В. И. Желязко. – М.: Издат. МГУ, 2003. – 319 с.
8. Использование бесподстилочного навоза на мелиорируемых агроландшафтах. Теория и практика / В. И. Желязко [и др.]. – Горки, 2006. – 296 с.
9. Использование бесподстилочного навоза на мелиорируемых агроландшафтах Нечерноземья / В. И. Желязко [и др.]. – Рязань, 2006. – 304 с.

Авторские свидетельства на изобретения и патенты

1. Земледельческое поле орошения сточными водами: А.с. 1424768 СССР, А 01 G 25/00 М.Г.Голченко, В.И.Желязко, Н.Н.Михальченко. – № 421760/30-15; Заявл. 02.03.87; Оpubл. 23.09.88, Бюл. №35 //Открытия. Изобретения. – 1988.– № 45. – С. 7.
2. Агрегат для внесения в почву животноводческих удобрений: А.с. 1459625 СССР, А 01 G 23/02 /М.Г.Голченко, В.И.Желязко., Н.Н.Михальченко. – 4231662/30-15; Заявл. 23.03.87; Оpubл. 23.02.89, Бюл. №7 //Открытия. Изобретения. – 1989. – № 7. – С. 5–6.
3. Устройство для внесения в почву животноводческих стоков: А.с. 1470220 СССР, А 01 G 23/02/ М. Г. Голченко, В. И. Желязко, Н. Н. Михальченко. – 427333/30-15; Заявл. 02.06.87; Оpubл. 07.04.89, Бюл. № 13 // Открытия. Изобретения. – 1989. – № 13. – С. 7.
4. Земледельческое поле орошения: А.с. 1451213 СССР, Е 02 В 13/00/ М. Г. Голченко, В. И. Желязко, Н. Н. Михальченко. – 4213524/30-15; Заявл. 23.03.87; Оpubл. 15.01.89, Бюл. №2 //Открытия. Изобретения. – 1989. – № 2. – С. 95.

5. Дождевальный аппарат для полива при ветре: А.с. 1512526 СССР, А01G25/00 / М. Г. Голченко, В. И. Желязко, Н. Н. Михальченко. – 43576579/30-15; Заявл. 04.01.88; Оpubл. 07.10.89, Бюл. № 37 // Открытия. Изобретения. – 1989. – № 37. – С. 9.
6. Способ внесения животноводческих стоков в почвах на склонах: А.с. 1535422 СССР, А 01 G 21/00/ М. Г. Голченко, В. И. Желязко, Н. Н. Михальченко. – 440.8.5.87/30-15; Заявл. 01.03.88; Оpubл. 15.01.90, Бюл. № 2 // Открытия. Изобретения. – 1990. – № 2. – С.11.
7. Способ полива дождеванием: А.с. 1517850 СССР, А 01 G 25/00/ М. Г. Голченко – 4313355/30-15; Заявл. 11.08.87; Оpubл. 30.10.89, Бюл. № 40 // Открытия. Изобретения – 1989. – № 40. – С. 20.
8. Способ внутриводочного орошения сточными водами: А.с. 1611278 СССР, А 01 G 25/06/ М. Г. Голченко, В. И. Желязко, Н. Н. Михальченко. – 4480105/30-15; Заявл. 28.06.88; Оpubл. 07.12.90, Бюл. № 45 // Открытия. Изобретения. – 1990. – № 45. – С. 11.
9. Способ внутриводочного орошения животноводческими стоками: А.с. 1611277 СССР, А 01 G 25/06 / М. Г. Голченко, В. И. Желязко, Н. Н. Михальченко. – 4470069/30-15; Заявл. 31.05.88; Оpubл. 07.12.90, Бюл. № 45 // Открытия. Изобретения. – 1990. – № 45. – С. 12.
10. Способ борьбы с эрозией почвы на склонах: А.с. 1547723 СССР, А 01 В 13/16 / М. Г. Голченко, В. И. Желязко, Н. Н. Михальченко. – 4344067/30-15; Заявл. 17.11.87; Оpubл. 07.03.90, Бюл. № 9 // Открытия. Изобретения. – 1990. – № 9. – С. 4.
11. Способ полива животноводческими стоками: А.с. 1537185 СССР, А 01 G 25/00 / М.Г.Голченко. – 4352748/30-15; Заявл. 30.12.87; Оpubл. 23.01.90, Бюл. № 3 // Открытия. Изобретения. – 1990. – № 3. – С. 10.
12. Способ орошения: А.с. 1537184 СССР, А 01 G 25/00 /М.Г.Голченко. – 4352365/30-15; Заявл. 31.12.87; Оpubл. 23.01.90, Бюл. № 3 // Открытия. Изобретения. – 1990. – № 3. – С. 10.
13. Агрегат для дождевания: А.с. 1586620 СССР, а 01 G 25/09 /М.Г.Голченко. – 449988/30-15; Заявл. 31.10.88; Оpubл. 23.08.90, Бюл. № 31 // Открытия. Изобретения. – 1990. – № 31. – С. 23.
14. Устройство для управления поливом дождеванием: А.с. 1576048 СССР, А 01 G 25/00 / М. Г. Голченко, В. И. Желязко, Н. Н. Михальченко. – 4392927/30-15; Заявл. 16.03.88; Оpubл. 07.07.90, Бюл. № 25 // Открытия. Изобретения. – 1990. – № 25. – С. 22.
15. Дождевальная установка: А.с. 1630691 СССР, А 01 G 25/02 / М. Г. Голченко, Н. Н. Михальченко, В. И. Желязко. – 4498271/15; Заявл. 26.10.88; Оpubл. 28.02.91, Бюл. № 8 // Открытия. Изобретения. – 1991. №8. – С.14.
16. Дождевальная установка: А.с. 1658914 СССР, А 01 G 25/02, В 05 В1/28 / М. Г. Голченко, Н. Н. Михальченко, В. И. Желязко, О. А. Шавлинский, В. И. Вихров. – 4646388/15; Заявл. 04.01.89; Оpubл. 30.06.91, Бюл. № 24 // Открытия. Изобретения. – 1991. – № 24. – С. 15.
17. Дождевальная установка: А.с. 1662432 СССР, А 01 G 25/00 / М. Г. Голченко, Н. Н. Михальченко, В. И. Вихров. – 4668415/15; Заявл. 28.03.89; Оpubл. 15.07.91, Бюл. № 26 // Открытия. Изобретения. – 1991. – № 26. – С. 15.
19. Способ орошения дождеванием: А.с. 1639515 СССР, а 01 G 25/00 / М. Г. Голченко. – 4632617/15; Заявл. 05.01.89; Оpubл. 07.04.91, Бюл. № 13 // Открытия. Изобретения. – 1991. – № 13. – С. 14.
20. Способ орошения сточными водами: А.с. 1674747 СССР, А 01 G 25/00 / М. Г. Голченко. – 4643313; заявл. 12.12.88; Оpubл. 07.09.91, Бюл. № 33 // Открытия. Изобретения. – 1991. – № 33. – С. 11.

21. Способ орошения животноводческими стоками: А.с. 1426503 СССР, А 01 G 25/00 / М. Г. Голченко, В. И. Желязко, Н. Н. Михальченко. – 42224/30=15; Заявл. 02.03.87; Оpubл. 30.09.88, Бюл. № 36 // Открытия. Изобретения. – 1991. – № 36. – С. 8.
22. Способ подготовки поля к поливу дождеванием: А.с. 1650041 СССР, А 01 G 25/00 / М. Г. Голченко, В. И. Желязко, Н. Н. Михальченко, А. В. Морозов, П. А. Гумненков, С. А. Магазинщиков, В. В. Людко. – 4650601/15; Заявл. 04.01.89; Оpubл. 23.05.91, Бюл. № 19 // Открытия. Изобретения. – 1991. – № 19. – С. 7.
23. Узел водоподдачи дождевальной системы: А.с. 1743482 СССР, А 01 G 25/02 / М. Г. Голченко, Г. И. Михайлов, С. М. Михальченко, Н. Н. Михальченко. – 4799479/15; Заявл. 05.03.90; Оpubл. 30.06.92, Бюл. № 24 // Открытия. Изобретения. – 1992. – № 24. – С. 17.
24. Дождевальный аппарат: А.с. 1702954 СССР, А 01 G 25/00 / М. Г. Голченко, Н. Н. Михальченко, В. И. Желязко. – 4616741; Заявл. 04.11.88; Оpubл. 07.01.92, Бюл. № 1 // Открытия. Изобретения. – 1992. – № 1. – С. 14.
25. Дождевальный аппарат: А.с. 17716904 СССР, А 01 G 25/02 / М. Г. Голченко, Н. Н. Михальченко, В. И. Желязко, О. А. Шавлинский. – 4771080/15; Заявл. 19.12.89; Оpubл. 30.10.92, Бюл. № 40 // Открытия. Изобретения. – 1992. – № 40. – С. 10.
26. Земледельческое поле орошения для очистки сточных вод: А.с. 1771063 СССР, А 01 G 25/00 / М. Г. Голченко, Н. Н. Михальченко, В. И. Желязко, Ю. А. Мажайский, Е. А. Стельмах, В. А. Лисютин. – 4920004/15; Заявл. 02.01.91; Оpubл. 30.10.92, Бюл. № 40 // Открытия. Изобретения. – 1992. – № 40. – С. 10.
27. Способ подготовки поля к поливу дождеванием: А.с. 1731101 СССР, А 01 G 25/00 / М. Г. Голченко, Н. Н. Михальченко, В. И. Желязко, О. А. Шавлинский. – 4784523/15; Заявл. 13.12.89; Оpubл. 07.05.92, Бюл. № 17 // Открытия. Изобретения. – 1992. – № 17. – С. 7.
28. Способ внутрипочвенного орошения смочными водами: А.с. 1706468 СССР, А 01 G 25/00 / М. Г. Голченко, Н. Н. Михальченко. – 4772416/15; Заявл. 25.12.89; Оpubл. 23.01.92, Бюл. № 3 // Открытия. Изобретения. – 1992. – № 3. – С. 11.
29. Дождевальный аппарат: А.с. 1831988 СССР, А 01 G 25/02 / М. Г. Голченко, Н. Н. Михальченко, О. А. Шавлинский, В. И. Желязко. – 4908476/15; Заявл. 11.02.91; Оpubл. 07.08.93, Бюл. № 29 // Открытия. Изобретения. – 1993. – № 29. – С. 6.
30. Способ получения органического удобрения: А.с. 1801962 СССР, С 05 F 3/00, 7/00 / М. Г. Голченко, В. И. Желязко, Н. Н. Михальченко, В. А. Лисютин, Е. А. Стельмах, Ю. А. Мажайский. – 4917860/15; Заявл. 10.12.90; Оpubл. 15.03.93, Бюл. № 10 // Открытия. Изобретения. – 1993. – № 10. – С. 97.
31. Пат. 2092455 Российской Федерации, С 02 F 3/62. Способ очистки сточных, загрязненных поверхностных и дренажных вод, а также устройство для его осуществления / Голченко М. Г., Брезгунов В. С., Желязко В. И., Михальченко Н. Н., Мажайский Ю. А. – 93010419/13; Заявл. 21.03.93; Оpubл. 10.10.97 // Изобретения. – 1997. – № 28. – С. 253.
32. А.с. 1630694 СССР, МКИ³ А 01 G 25/02 Поливная борозда / В. И. Желязко, Махмуд Шариф. – 4602258/15; Заявл. 09.11.89; Оpubл. 28.02.91, Бюл. // Открытия. Изобретения. – 1991. – № 8. – С. 7.
33. А.с. 1690585 СССР, МКИ³ А 01 G 21/00 Способ внесения животноводческих стоков в почву / В. И. Желязко. – 4643636/15; Заявл. 30.01.88; Оpubл. 15.11.91, Бюл. № 12 // Открытия. Изобретения. – 1990. – № 12. – С. 11.
34. Пат. 1107 ВУ, МКИ С 02 F 11/02. Гравитационно-биологический отстойник для очистки загрязненных вод / В. И. Желязко, Н. Н. Михальченко, В. В. Копытовский. –

и 20030084; Заявл. 28.02.2003; Зарегистр. 01.08.2003 // Государственный реестр полезных моделей.

35. Дождевальная машина кругового действия; пат. 2402 Респ. Беларусь, МПК А 01 G 25/00 / Е. И. Мажугин, А. С. Анженков, В. И. Коцуба, Г. А. Райлян, В. Н. Чесных; заявитель УО «Белгоссельхозакадемия», заявл. 11.02.2005; опубл. 03.10.2005 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2005. – № 4. – С. 3.

36. Дождевальная насадка с динамическим сечением сопла; пат. 3748 Респ. Беларусь, МПК А 01 G 25/00 / А. С. Анженков; заявитель УО «Белгоссельхозакадемия»; заявл. 24.01.2007; опубл. 02.05.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці – 2007. – № 1. – С. 37.

37. Дождевальный аппарат; пат. 3747 Респ. Беларусь, МПК А 01 G 25/00/ А. С. Анженков, В. И. Коцуба, Г. А. Райлян, В. Н. Чесных; заявитель УО «Белгоссельхозакадемия»; заявл. 24.01.2007; опубл. 02.05.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 2. – С. 3.

38. Дождевальный аппарат; пат. 2743 Респ. Беларусь, МПК А 01 G 25/00 / А. С. Анженков, В. И. Коцуба, Г. А. Райлян, В. Н. Чесных; заявитель УО «Белгоссельхозакадемия»; заявл. 14.10.2005; опубл. 15.02.2006 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2006. – № 1. – С. 3.

Внедрение научных разработок, выполненных в рамках научно-педагогической школы

1. Руководство по проектированию и изысканиям объектов мелиоративного и водохозяйственного строительства в Белорусской ССР (РПИ-82). – Минск, 1984. – 371 с.

2. Рекомендации по технологии утилизации свиностоков в сложных гидрогеологических условиях, сохраняющей почвенное плодородие и предотвращающей загрязнение водных объектов. – Рязань, 2000. – 58 с.

3. Рекомендации по регулированию водного режима и баланса тяжелых металлов увлажняемых почв при антропогенных нагрузках. – М., 2001. – 150 с.

4. Рекомендации по проведению эколого-мелиоративных мероприятий рекультивации техногенно загрязненных и деградированных культурных ландшафтов. – Рязань, 2002. – 141 с.

5. Технология использования жидких органических удобрений на луговых угодьях, исключающая загрязнения почв, природных вод и инкрустацию солей в напорных трубопроводах – Горки, 2006. – 72 с.

6. Нормативный документ (кодекс) ТКП 45-3.04-08-2005. Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования. Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. Минск, 2006.

7. Нормативный документ (кодекс) ТКП 1/45-04. Оросительные системы. Правила проектирования. Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. Минск, 2009.

УЛУЧШЕНИЕ ВОДНО-СОЛЕВОГО РЕЖИМА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В НИЗОВЬЯХ РЕКИ СЫРДАРЬИ И ОЦЕНКА ЕГО ВЛИЯНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР

А. М. Абдибай, докторант 3-го курса по направлению
«Водные ресурсы и водопользование»

Г. М. Куватова, докторант 1-го курса по направлению
«Мелиорация, рекультивация и охрана земель»

К. К. Ануарбеков, PhD, ассоц. профессор

КазНАРУ,

г. Алматы, Казахстан

Ключевые слова: засоление, опытный участок, земледелие, чеки, биополя, камыш, коллектор, водный режим, солевой режим.

Аннотация. Минерализация воды реки Сырдарьи и современное состояние почвенно-мелиоративной структуры орошаемых территорий, расположенных в низовьях реки, находится на очень плохом уровне. Величина засоленности почвы, величина засоленности коллекторно-дренажных вод очень высокая. Среднегодовой показатель минерализации воды реки Сырдарьи на Томенарыкской гидростанции составляет 2,0–2,5 г/л, на Казалинской гидростанции достигает 3,0–3,5 г/л. А процессы засоления почв имели место практически на всей территории области. По последним данным, площадь засоленных орошаемых земель на территории Кызылординской области составляет около 225,9 тыс. га, из них слабозасоленных 87,6 тыс. га, средnezасоленных 73,3 тыс. га, сильно и очень сильнозасоленных 65,1 тыс. га. В Кызылординской области в основном выращивают рис (а также люцерну, кукурузу на силос, подсолнечник, огородные культуры и др.). Отмечено, что вторичное засоление происходит из-за плохого функционирования коллекторно-дренажных систем в местах посева рисовых культур. В статье рассматривается мелиоративное состояние орошаемых земель Шиелийского массива орошения, путем анализа объема поступающих солей в почву с оросительной водой и выход солей из почвы с коллекторными водами. Подача воды на посевы в опытном поле производилась через специально подготовленное, засеянное плотным камышом биополе, что оказало положительное влияние на водно-солевой режим почвы.

Keywords. Salinization, experimental plot, agriculture, checks, biofields, reeds, collector, water regime, salt regime.

Annotation. The mineralization of the water of the Syrdarya River and the current state of the soil and reclamation structure of irrigated areas located in the lower reaches of the river are at a very poor level. The salinity value of the soil, the salinity value of the collector-drainage waters is very high. The average annual index of mineralization of the water of the Syrdarya River at the Tomenaryk hydrostation is 2.0–2.5 g/l, at the Kazaly hydrostation it reaches 3.0–3.5 g/l. And the processes of soil salinization took place almost throughout the entire territory of the region. According to the latest data, the area of saline irrigated lands in the Kyzylorda region is about 225.9 thousand hectares, of which 87.6 thousand hectares are weakly saline, 73.3 thousand hectares are moderately saline, and 65.1 thousand hectares are strongly and very strongly saline. In the Kyzylorda region, mainly rice is grown (as well as alfalfa, corn for silage, sunflower, horticultural crops, etc.). It is noted that secondary salinization occurs due to the poor functioning of the collector-drainage systems in the places where rice crops are sown. The article considers the ameliorative state of the irrigated lands of the Shieliysky irrigation array, by analyzing the volume of salts entering the soil with irrigation water and the output of salts from the soil with collector waters. Water was supplied to crops in the experimental field through a specially prepared biofield sown with dense reeds. This gave positive results to the water-salt regimes of the soil.

По Шиелийскому району Кызылординской области в 2013 году площадь орошаемых земель составила около 31 тыс. га. В том числе площадь орошаемых земель, приведенных к инженерной системе, составила около 26 тыс. га, а общая площадь полей составила 23 тыс. га [1].

Погодные условия Шиелийского района характеризуется жарким летом, очень холодной зимой. Благоприятный период для посевов продолжается с апреля месяца по середину октября месяца. Самым жарким периодом считается июль, самое холодное время года – январь и февраль месяцы. В пределах района, за исключением некоторых лет, осадки выпадают в очень малом количестве. Атмосферные осадки выпадают в зимние и весенние месяцы. По данным Шиелийской метеостанции, количество выпавших осадков в этом году составило 168,4 мм. Самая высокая температура +27 °C, а самая низкая температура –4,8 °C, средняя температура составила 13,3 °C [2, 3].

Основным источником воды для орошения сельскохозяйственных культур по Шиелийскому району является река Сырдарья. Основная водозаборная часть реки берет начало в местечке Томенарык, через магистральный канал Новый Шиели. Через данный канал орошаются сельскохозяйственные земли хозяйств Акмая, Кодаманов, Бекежанов, Жуантобе, Бестам и других хозяйств. Через канал Камыстыкак орошаются хозяйства сел Бидайколь и Жахаев.

По району подача воды в каналы начинается с 3-й недели апреля. А подача воды на поля начинается с мая месяца и продолжается до 25 августа. Гидрогеолого-мелиоративные условия орошаемых земель являются сложной системой, т.е. зависят от засоленности почвы, подаваемой на посевы воды и от уровня подземных вод [4]. Через трубы, расположенные на орошаемых землях, были определены уровень подземных вод и показатель засоленности. Мелиоративное состояние орошаемых земель в хозяйствах было признано неудовлетворительным, только в некоторых хозяйственных землях, вследствие их низинного и высотного расположения, было замечено изменение в механическом составе почвы. Показатель засоленности почвы зависит от минерализации поливной воды и подземных вод. В этом году осенью было замечено быстрое понижение уровня подземных вод. Причиной этого явилось то, что уровень воды реки Сырдарья был ниже и быстро понизился уровень подземных вод всех орошаемых земель.

Методика. Во время проведения опытов химический состав воды и почвы, влажность почвы определялись в специальной лаборатории (Кызылординская гидрогеолого-мелиоративная экспедиция). При их определении использовались различные методы.

При определении фосфора в почве применяются колориметрические методы. По весовому методу определение фосфора производят осаждением в растворе с добавкой $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ или магнезия. По методу Лоренца определение фосфора сульфата молибдена основано на образовании раствора, поглощающего свет и изменяющегося на определенный цвет при дополнительном внесении в эту их $((\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4, \text{Na}_2\text{MoO}_4)$ реакцию с молибденовокислыми добавками участвующих в ней некоторых веществ (SnCl_2 , NH_4VO_3 , NaCO_3) [5–8].

Все методы определения общего азота основаны на сжигании органических веществ, на преобразование азота в аммиак, на превращение аммиака в раствор тераленового уксуса.

Химический состав почвы и воды (рН), общий азот (N), аммонийный и нитратный азот, сульфат (SO₄), хлориды (Cl) определялись методом Ю. Ю. Лурье и А. И. Рыбниковой, а кальций (Ca) и магний (Mg) – комплексно-метрическим методом, калий (K) и натрий (Na) – фотометром, химическое потребление кислорода определялось бихроматным методом [9–11]. Для определения влажности почвы использовалось уравнение:

$$W = P_1 / P100,$$

где W – влажность почвы, в процентах (%) от веса почвы;

P_1 – масса испарившейся воды, г;

P – абсолютная масса сухой почвы, г;

В производственных условиях очередная поливная норма определялась согласно принятой методике, в зависимости от предполивной влажности почвы по нижеследующему уравнению академика Костякова:

$$m = 100H \alpha (\beta_{EC} - \beta);$$

где m – расчетная поливная норма, м³/га;

H – расчетный слой почвы, м;

α – объемная масса почвы, т/м³;

β_{EC} – свободная водоемкость почвы, в процентах от сухого веса почвы, %;

β – предполивная влажность почвы, в процентах от сухого веса почвы, %.

Физические качества почвы определялись по следующим показателям: проводимость воды – методом затопления водой, объемный вес – посредством получения образцов почвы в специальном стакане без нарушения естественной структуры почвы, свободная водоемкость – методом термостатного взвешивания при температуре 105 °С. Процентная влажность от веса абсолютно сухой почвы определялась с 0,01-процентной точностью [12].

Почвенные образцы отбирались в каждом варианте с 3 точек в 3–5-кратной повторностях, согласно методическим указаниям А. Родена. Контроль уровня подземных вод, образованных за счет дождей и снега, производился через скважину № 8, расположенную на участке исследования. Определение их режима засоления осуществлялось посредством взятия образцов воды из скважины. Химический состав почвы определялся каждый год два раза, весной и осенью. Образцы

почвы отбирались в 3-кратной повторности, до глубины 60 см через каждые 10 см, далее до глубины 100 см через каждые 20 см.

Результаты. Опыты ставились на 71,15 гектарах Бидайкольских сельскохозяйственных земель Шиелийского района (рис. 1).

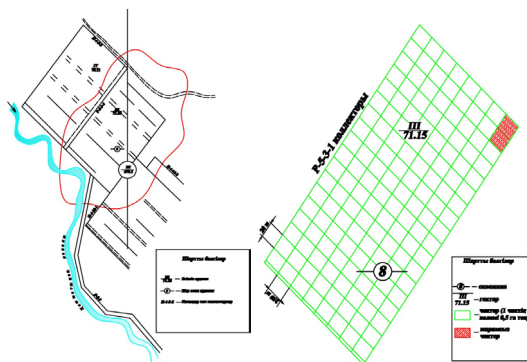


Рис. 1. Гидрогеолого-мелиоративные условия опытного участка Б-71-8 (Бидайкольское орошаемое земледелие)

Мы назвали эти земли Б-71-8, т. е. здесь Б – понятие Бидайколь, 71 – площадь поливного участка, соответственно 8 – порядковый номер скважины в данном поливном участке. Посевы, где мы проводили опыты, расположены в юго-западной части Бидайкольского поливного посевного хозяйства. К нему ближе всех расположена скважина № 8. В нашей опытной пашне были посеяны 49 га люцерны и 22 га кукурузы на силос.

Целью работы является формирование водно-солевых режимов посевных земель в оптимальных условиях. Для достижения этой цели проводились следующие работы: определение (лабораторным методом) химического состава почвы перед опытом; определение количества воды, взятого для орошения посевов и определение ее засоленности; определение количества коллекторных вод и их засоленности; урожайность, полученная с орошаемых посевов; определение химического состава почвы и воды проводилось в специально оборудованной лаборатории областного комитета экологии и биоресурсов. Подача воды на посевы в опытном поле производилась через специально подготовленное, засеянное плотным камышом биополе (рис. 2).

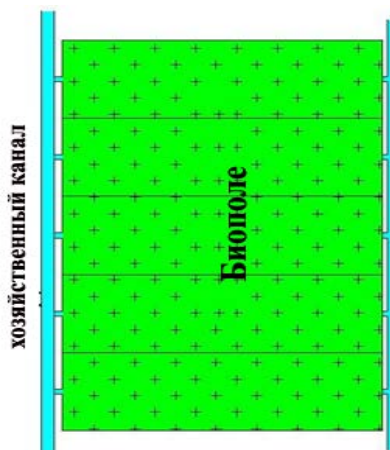


Рис. 2. Схема биополя

При проведении контрольных работ определялись водно-солевой режим поступившей в биополе и сброшенной с нее воды, а также количество и соленость сброшенной с посевов воды. Площадь биополя была разделена на пять частей (каждая по 1 га). Каждая часть работает по очереди. Химический состав подаваемой в биополе и сбрасываемой с нее воды представлен в табл. 1.

Таблица 1. Состав поступающей в биополе и сбрасываемой с нее воды (средние значения), мг/л

Ингредиенты	2021 год		2022 год	
	Поданная вода	Сброшенная вода	Поданная вода	Сброшенная вода
pH	7,2	6,8	7,2	6,7
HCO ₃	252,0	208,0	258,0	215,0
Cl	220,0	169,0	223,0	171,0
SO ₄	902,0	806,0	903,0	811,0
Ca	231,0	141,0	216,0	136,0
Mg	124,0	93,0	120,0	88,0
Na+K	331,0	235,0	281,0	214,0
азот	24,0	16,0	21,0	12,0
фосфор	8,0	5,0	8,0	5,0
нефтепродукты	0,603	0,201	0,598	0,292
БПК ₅ , мг-экв/л	28,0	20,0	29,0	21,0
Общая засоленность	2060,0	1652,0	2001,0	1635,0

Как было указано в данной таблице, отмечено наличие свойства очистки воды биополя. Общая засоленность поданной воды в 2021 составила 2060,0 мг/л, а соленость сброшенной воды – 1652,0 мг/л. Если в 2022 году общая засоленность поданной воды составила 2001,0 мг/л, то соленость сброшенной воды была 1635,0 мг/л, т. е. соленость воды уменьшалась на 12–17 %. Подобное биополе предлагают многие ученые. Согласно их данным, отмечен хороший рост камыша в воде с наличием азотнокислого свинца. К примеру, количество этого свинца в 3–5 мг/л очень опасно для людей и животных. В каждом листе растения имеется 22500 отверстий. Через данные отверстия камыш засасывает все вредные вещества. Вместе с тем известно, что тортула полевая и дальневосточная гречиха впитывают металлы тяжелее воды. Также считается выгодной посадка саженцев в биополе. Они выводят из воды наружу разнообразные вещества [13–15].

Если в 2021 г. при очистке воды через биополе было подано 118 тыс. м³ воды, то количество поступившей в почву с поданной водой соли составило 194,7 тонн. Количество брошенной коллектором воды составило около 31 тыс. м³, а количество сброшенной из коллектора соли составило 57,1 т. Очистка воды через биополе оказала существенное влияние на рост и урожай кукурузы. Как показали результаты исследования, рост и развитие кукурузы в вегетационный период интенсивнее шли при попуске воды через биополе, чем при обычном поливе (табл. 2).

Таблица 2. Урожай кукурузы в опытных полях

Варианты	Показатели	15.06	01.07	15.07	01.08	25.08
2021 г.						
Обычный полив	H, см	38,0	104,0	135,0	152,0	160,0
	S, см ²	92,0	1109,0	2600,0	4100,0	4300,0
Очищенный биополем	H, см	52,0	128,0	155,0	175,0	210,0
	S, см ²	106,0	2001,0	3020,0	5800,0	7200,0
2022 г.						
Обычный полив	H, см	41,0	110,0	138,0	158,0	162,0
	S, см ²	102,0	1200,0	2630,0	4300,0	4401,0
Очищенный биополем	H, см	56,0	135,0	162,0	181,0	220,0
	S, см ²	123,0	2200,0	3140,0	6310,0	7600,0

Самый высокий показатель (7600 см²) роста листовой поверхности кукурузы был зафиксирован на второй (2021 г.) год, т. е. во время

уборки высота растений достигала 220 см. Также был высок среднесуточный прирост площади листовой поверхности (табл. 3). Самое большое развитие листовой поверхности отмечено во второй половине июля. В этот период идет фаза выбрасывания метелок и цветения кукурузы. Во время уборки урожая кукурузы в каждом варианте производился отбор образцов урожая (табл. 4, 5).

Таблица 3. Среднесуточный прирост площади листовой поверхности кукурузы

Варианты	Годы	с 15.06 по 30.06	с 01.07 по 15.07	с 16.07 по 31.07	с 01.08 до уборки
Обычный полив	2021	67,8	99,4	100,0	10,0
	2022	73,2	95,33	111,33	5,05
Очищенный биополем	2021	126,33	67,93	185,33	70,0
	2022	138,47	62,67	210,67	65,0

Таблица 4. Расчет уборки урожая посевов кукурузы, ц/га

Варианты	1-я повтор-ность	2-я повтор-ность	3-я повтор-ность	Средняя урожай - ность	Изменение по сравнению с 1 вариантом
2021 г.					
Обычный полив	348	380	352	360	
Очищенный биополем	390	410	400	400	+40
2022 г.					
Обычный полив	363	366	375	368	
Очищенный биополем	442	460	451	451	+83
НСР ₀₅ – 27 ц/га, Р, % – 3 %					

Таблица 5. Урожайность люцерны, ц/га

Варианты	1-я повтор-ность	2-я повтор-ность	3-я повтор-ность	Средняя урожай- ность	Изменение, по сравнению с 1 вариантом
2021 г.					
Обычный полив	412	424	418	418	
Очищенный биополем	475	490	490	485	+67
2022 г.					
Обычный полив	410	414	412	412	
Очищенный биополем	470	482	476	476	+64

Как видно из таблицы, при пропуске воды в биополе урожай кукурузы оказался больше на 40–83 ц/га по сравнению с обычным поливом. Если на посевах кукурузы в 2021 г. было получено дополнительно 67 ц/га урожая, то в 2022 г. дополнительно получено 64 ц/га урожая.

Выводы. Итак, в настоящее время для дальнейшего улучшения водно-солевых режимов почвы необходимо проводить через биополе. Для предварительной очистки воды биополе, засеянное плотным камышом, должно быть расположено в верхней части посевов. Ее площадь должна быть не менее 2 % от площади орошаемых земель.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы Итоговый отчет 2022 года по Шиелийскому району. ПММ «Кызылординской гидрогеолого-мелиоративная экспедиция», Кызылорда, 2022 г.
2. Материалы Итоговый отчет 2022 года по Шиелийскому району. ПММ «Шиелийский метеостанция», Шиели, 2022 г.
3. Материалы Кызылординского областного управления экологии и биоресурсов и химсоставе воды р.Сырдарьи за 2015–2020 гг.
4. Шомонтаев, А. А. Гидрохимический режим водотоков и сельскохозяйственное использование сточных вод в низовьях реки Сырдарьи. Кызылорда: Монография / А. А. Шомонтаев, 2001, – С. 182–199.
5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М., 1973. – 336 с.
6. Буданов, М. Ф. Требование к качеству оросительных вод. Водное хозяйство / М. Ф. Буданов. – Киев, 1965. – Вып. 1. – С. 120–127.
7. Рекс, Л. М. Методика расчета водно-солевого режима орошаемых земель / Л. М. Рекс, А. М. Якирев. – М., 1984. – 112 с.
8. Diietrich W., Ulrich P. Zur Entwicklung von Unberboden nach Gefugemeliration // Archiv fur Acke u und Plianbau und Bodenkunde. – 1979. Vol. 23, № 12. – P. 721–732.
9. Duke G.V. Comparative Eperiments With Flield Crops. – London, 1974. – 211 p.
10. Ковда, В. А. Качество оросительной воды / В. А. Ковда. – М., 1968. – 115 с.
11. Рекс, Л. М. Перераспределение солей в почвогрунтах при орошении: автореф. канд. дис. / Л. М. Рекс. – М., 1971. – 18 с.
12. Аханов, Ж. У. Регулирование водно-солевого режима почв. Таш-Уткульского массива / Ж. У. Аханов, В. А. Коробкин. – Алматы: Наука, 1982. – 200 с.
13. Новиков, В. М. Прогнозирование вторичного засоления почв при орошении / В. М. Новиков. – Киев: Урожай, 1975. – 80 с.
14. Kutch, H., Schuh H. Versuchschder mathematischen Darstellung der Wasserbedafsh-ocffisient for bewasserte. Kulturen-Zeitschut for Bewasserung swirtshaft, 1980, 183–191.
15. Elson, A. In-house manure drying. Poultry Industry, 1973. – V. 37. – P. 14–15.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОРОДСКИХ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

С. В. Андреюк, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой
УО «Брестский государственный технический университет»,
г. Брест, Республика Беларусь

В. А. Бурко, зам. директора КПУП «Брестводоканал»,
г. Брест, Республика Беларусь

Ключевые слова: технологическая эффективность, очистные сооружения, сточные воды, удаление фосфора, нитрификация, денитрификация.

Аннотация: проанализирована эффективность работы очистных сооружений канализации при внедрении технологии глубокого удаления азота и фосфора из сточных вод.

Keywords: technology efficiency, treatment facilities, wastewater, phosphorus removal, nitrification, denitrification.

Summary: analyzed the efficiency of sewage treatment facilities when introducing technology for the deep removal of nitrogen and phosphorus from wastewater.

В мероприятиях по повышению эффективности и надежности работы производственных и коммунальных очистных сооружений всех видов исключительно большое значение имеют систематический контроль и количественная оценка фактической эффективности и надежности работы сооружений в практических условиях эксплуатации.

Исследованиями последних лет установлено значительное влияние конструктивных форм и режимов эксплуатации аэротенков на эффективность и надежность аэробной биологической очистки сточных вод активным илом. Под влиянием этих факторов складывается гидравлический режим потока в аэротенке, который, в свою очередь, влияет на режим питания микроорганизмов активного ила органическим субстратом, на селекцию микроорганизмов и осаждаемость активного ила.

Повышение эффективности и надёжности работы действующих очистных сооружений имеет важное значение.

Особый интерес представляет реконструкция очистных сооружений, когда при относительно небольших капитальных вложениях удается получить существенное повышение эффективности очистки и надежности работы очистных сооружений. Актуальной остается проблема эвтрофикации водоемов, решением которой является строительство новых или реконструкция действующих сооружений канализации путем внедрения технологии глубокого удаления соединений азота и фосфора.

Для обеспечения экологической безопасности водных объектов в Республике Беларусь разработаны нормативные документы, в которых установлены ПДК загрязнений в воде водных объектов, а также разработан порядок установления нормативов допустимых сбросов веществ в составе сточных вод, отводимых в водные объекты. При этом большое значение придается качеству очищенных сточных вод по соединениям азота и фосфора.

Проектная производительность брестских городских очистных сооружений канализации, которые были введены в строй в шестидесятые года прошлого столетия, составляла 135 тыс. м³/сут. Очистные сооружения были рассчитаны на полную биологическую очистку сточных вод с доочисткой на биологических прудах. В связи с увеличением нагрузки по азоту и фосфору [1], а также с введением более жестких требований по качеству очищенных сточных вод перед сбросом в водоток [2], назрела острая необходимость в реконструкции существующих очистных сооружений с реализацией в них технологии совместного удаления органических загрязнений и соединений азота и фосфора с достижением показателей качества очищенных сточных вод экологических стандартов РБ [3].

При использовании технологии глубокого удаления азота и фосфора биологическим методом предполагается искусственное создание различных зон, которые по степени обеспеченности кислородом делятся на три основные: зону анаэробной обработки смеси ила и сточных вод; аноксидную зону для денитрификации; оксидную (аэробную) зону для проведения нитрификации и аэробной очистки от органических веществ.

В мировой практике существует ряд схем сочетания анаэробных, аноксидных и оксидных зон, предложенных для глубокого удаления

биогенных элементов из сточных вод. В настоящее время на очистных сооружениях канализации г. Бреста прошла модернизацию механическая очистка сточных вод с установкой современного оборудования, в аэротенках внедрена схема биологического удаления азота и фосфора по принципу Йоханнесбургского процесса JNB (рис. 1), проведена реконструкция вторичных отстойников. Технологией JNB предусмотрено использование нескольких функциональных зон, которые соответствуют различным режимам. Данная технология может быть реализована как при реконструкции существующих сооружений, так и при проектировании новых.

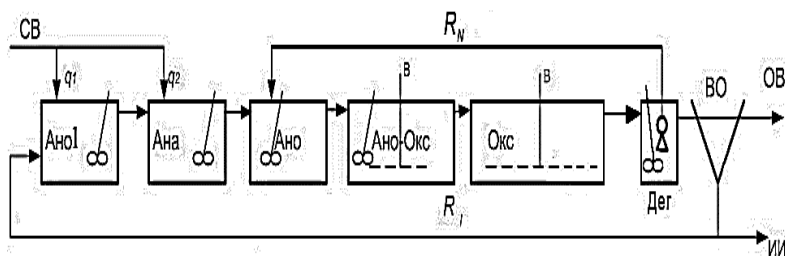


Рис. 1. Йоханнесбургский процесс, внедренный на Брестских очистных сооружениях канализации: Ано – аноксидная зона I; Ана – анаэробная зона; Окс – оксидная зона; Ано-Окс – переходная зона; Дег – зона дегазации; ВО – вторичный отстойник; СВ – подача сточных вод; ОВ – очищенная вода; ИИ – избыточный ил; В – подача воздуха; R_i – рециркуляция активного ила; R_N – рециркуляция иловой смеси

В результате теоретических и экспериментальных исследований, статистической обработки эксплуатационных данных была проведена оценка надежности и установлена эффективность проведенных мероприятий по реконструкции очистных сооружений со сравнением качественного состава сточных вод, поступающих на очистные сооружения г. Бреста и выпускаемых в водный объект после очистки за период с 2019 по 2021 годы (таблица, рис. 2).

Согласно эксплуатационным данным, обеспечивается эффект очистки по БПК₅ – до 96 %, по взвешенным веществам – 95 %, по азоту общему – 85 %, по фосфору общему – 83 %.

Технологические показатели работы городских очистных сооружений канализации г. Бреста

Год	Место отбора проб	Значение показателей, мг/дм ³			Концентрация загрязняющих веществ, мг/дм ³		
		ХПК _{Cr}	БПК ₅	взвешенные вещества	аммоний-ион	азот общий	фосфор общий
1	2	3	4	5	6	7	8
2019	вход	875,5	310,6	298,9	49,7	58,1	6,7
	выпуск	160,3	49,5	67,4	22,3	32,9	3,9
	эффект очистки, %	82	84	77	55	43	42
2020	вход	933,2	306,9	312,9	51,7	59,2	5,9
	выпуск	69,7	17,4	18,9	16,8	24,8	3,0
	эффект очистки, %	93	94	94	68	58	50
2021	вход	1000,3	306,3	310,3	51,0	61,0	7,2
	выпуск	53,1	10,8	15,1	7,0	9,0	1,2
	эффект очистки, %	95	96	95	86	85	83
Норматив допустимого сброса по [2]		70	15	20	10	20	2,0

Окончание

Год	Место отбора проб	Средняя концентрация загрязняющих веществ, мг/дм ³		
		Нефтепродукты	СПАВан	Фосфор фосфатный
1	2	9	10	11
2019	вход	1,762	1,670	6,073
	выпуск	0,504	0,462	3,532
	эффект очистки, %	71	72	42
2020	вход	1,783	1,723	5,530
	выпуск	0,347	0,360	2,641
	эффект очистки, %	81	79	52
2021	вход	1,785	1,738	6,440
	выпуск	0,334	0,335	1,000
	эффект очистки, %	81	81	84

Внедряемая технология удаления азота и фосфора по Йоханнесбургскому процессу на Брестских очистных сооружениях канализации позволила в целом также улучшить экологическую обстановку в городе.

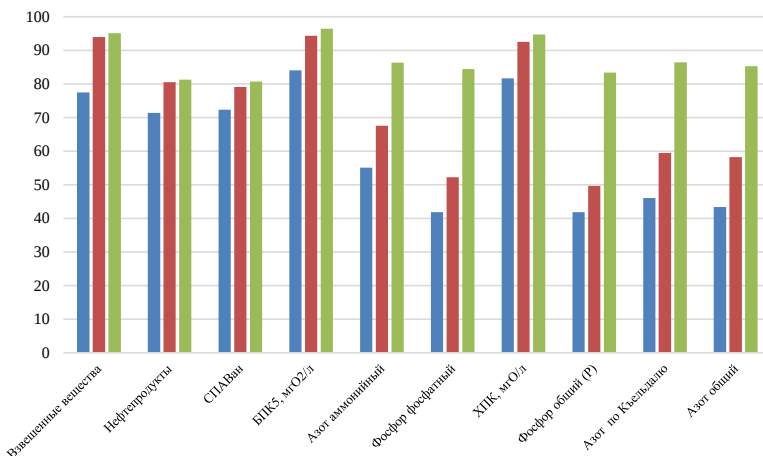


Рис. 2. Технологическая эффективность работы очистных сооружений канализации г. Бреста в 2019–2021 гг.

Процессы удаления из очищенных сточных вод биогенных элементов взаимосвязаны, поэтому при эксплуатации сооружений необходимо грамотно и качественно организовывать контроль основных параметров, чтобы избежать нарушения технологического процесса и ухудшения эффективности очистки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яловая, Н. П. Анализ и прогноз расходов и нагрузок сточных вод, поступающих на очистные сооружения канализации города Бреста / Н. П. Яловая, В. А. Бурко // Перспективные методы очистки прир. и сточных вод: сб. ст. регион. науч.-техн. конф., Брест, 26 сент. 2019 г. / БрГТУ; редкол.: С. Г. Белов [и др.]. – Брест, 2019. – С. 74–76.
2. О некоторых вопросах нормирования сбросов хим. и иных веществ в составе сточных вод: пост. Мин-ва прир. рес. и охраны окр. среды РБ, 26 мая 2017 г., № 16.
3. Каперейко, Д. В. Анализ эффективности работы городских канализационных очистных сооружений / Д. В. Каперейко, А. А. Хведченя, Я. В. Полещук // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности: сб. науч. тр. по материалам IX Всерос. (с междунар. участием) науч.-техн. конф. – Волгоград: ВолгГТУ, 2022.

АНТРОПОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ НА МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВ СОВРЕМЕННЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ

Г. Ф. Аскерова, науч. сотрудник
Институт почвоведения и агрохимии
Национальной академии наук Азербайджана,
Баку, Азербайджан

Ключевые слова: земледелие, антропогенные факторы, деформация почвы, ландшафт, вырубка лесов.

Аннотация. Желто-бурые горно-лесные почвы и горно-лесные желтоземы, распространенные во влажной субтропической зоне республики, в Ленкоранской низменности. Эти почвы образуют границу с псевдо-оподзоленными желтоземами в низкогорьях и предгорьях. Желто-бурые горно-лесные почвы занимают большое место в природной зоне интенсивного возделывания сельскохозяйственных растений. Большое влияние на эрозионные процессы в этих почвах, которые распространены под сельскохозяйственными культурами, оказывают природные и антропогенные факторы. Поэтому важно изучение влияния природных и антропогенных факторов на эрозию при повышении продуктивной способности почв и продуктивности растений. В результате взаимодействия природных и антропогенных факторов деформация грунта хорошо видна по результатам анализа разрезов грунта.

Key words: cultivation, anthropogenic factors, soil deformation, landscape, deforestation

Abstract. Yellow-brown mountain-forest soils and mountain-forest zheltוזems, common in the humid subtropical zone of the republic, in the Lankaran lowland. These soils form a border with podzolized yellow soils in low mountains and foothills. Yellow-brown mountain forest soils occupy a large place in the natural zone of intensive cultivation agricultural plants. Natural and anthropogenic factors have a great influence on the erosion processes in these soils, which are common under agricultural crops. Therefore, it is important to study the influence of natural and anthropogenic factors on erosion with an increase in the productive capacity of soils and plant productivity. As a result interaction of natural and anthropogenic factors, soil deformation is clearly visible from the results of the soil sections analysis.

В последние годы из-за комплексного воздействия природных и антропогенных факторов ускорились масштабные глобальные экосистемные изменения. Эти процессы охватывают все системы биоценозов и приводят к резкому изменению почвенного покрова, особенно его морфогенетических характеристик и диагностических показателей, составляющих основу природного ландшафта. В результате стихийного использования природных ресурсов нарушено экологическое состояние земель и усилился процесс их деградации [1, 2]. Деградация почв происходит в условиях взаимодействия природных и антропогенных факторов, значительно ослабляет условия роста и развития растений. По показателям проведенных агрофизических и агрохимических анализов видно, что в горно-лесных желтоземах влажного субтропического пояса произошли негативные изменения в результате антропогенного воздействия. Причиной этого является неожиданная антропогенная нагрузка, которая проявляется в результате исследований, проводимых на этих землях.

При посадке сельскохозяйственных культур ирригационные и эрозионные процессы, являясь основным антропогенным фактором, оказывают существенное влияние на характер процесса обработки почвы, ее физико-химические свойства и современное состояние природного ландшафта в целом. Ленкоранская область является одним из аграрных регионов республики с ограниченными земельными ресурсами и подвержен процессу эрозии вследствие антропогенного воздействия [3, 4, 5].

Важными проблемами являются защита почв от эрозии, а также эффективное использование почвенных ресурсов в результате природного и антропогенного воздействия. В связи с этим определяя эрозию горно-лесных желто-желто-бурых горно-лесных почв в юго-западной части области, изменение морфогенетических показателей почв в результате антропогенного воздействия играет важную роль в восстановлении почвенного плодородия. Первоначальные серьезные изменения растительного покрова на объекте исследований (Барзаву, Хамар село) начались с уничтожения лесов и вовлечения земель в агроландшафты.

В результате этих происходящих в современную эпоху процессов почвенный покров природного ландшафта претерпевает серьезные изменения, что выражается в резком изменении морфогенетических характеристик, диагностических показателей и параметров плодородия почвы. Ленкоранская провинция является одним из регионов с

большим экономическим потенциалом для развития сельского хозяйства.

В последние десятилетия антропогенное воздействие на экосистемы, в том числе наземный покров, в результате агротехнической деятельности в крае становится все более масштабным. Леса, которые когда-то составляли 60–65 % территории, в настоящее время сократились до 25–30 %, а леса гирканского типа полностью уничтожены. Интенсивный полив сельскохозяйственных растений в крае вызвал их деградацию за счет ухудшения физико-химических свойств почвы. Применение тяжелой техники и орошение пологих склонов ухудшили плодородие и структурный состав почв предгорий, ослабили их устойчивость к эрозии. В Ленкоранской области большее влияние на формирование эрозионного процесса оказывают факторы температуры и осадков.

Среди природных богатств Ленкоранской области особое место занимают уникальные ландшафты и лесные ресурсы. Стихийная интенсивная вырубка лесов в последние годы дает большой толчок к усилению процесса эрозии. Увеличение плотности в эродированных почвах отрицательно сказывается на водном режиме почвы. Горно-лесные желтоземы влажного и полувлажного субтропического пояса занимают низкогорные районы на высоте 500–600 м. Соотношение развитой зоны влажных субтропиков в Азербайджане с Международной классификацией горно-лесных желтоземов отражается следующим образом: горно-лесные желтые – haplic acrisols (clayic, humuc); лессированные горно-лесные желтые – haplic acrisols (clayic, transportic); псевдоподзолизованные горно-лесные желтые – gleyic stagnic acrisols (clayic, podzolic); типичные горно-лесные желтые – haplic acrisols (clayic, humuc); неосвоенные горно-лесные желтые – leptic acrisols (clayic). Горнолесные желтоземы широко распространены в предгорьях и формируются на желтой корке эрозии, генетический профиль которых полностью развит и формируется на участках с холмистым, низкогорным рельефом.

Используется под пастбища, сенокосы и зерновые. Содержание гумуса 3,2 %, pH (в солевом растворе) от 4,6 до 5,2. Поглотительная способность слабая и составляет 34,1–39,8 мг/экв. Количество физической глины колеблется от 62,7 до 66,0. Верхний слой А представляет собой тяжелую зернистость, а слой В представляет собой тяжелую глину.

В системе классификации выделяют 4 подтипа горно-лесных желтоземов: лессированные горно-лесные желтые, псевдоподзолизиро-

ванные горно-лесные желтые, типичные горно-лесные желтые, слабо-развитые горнолесные желтые. Тот факт, что горно-лесные желтоземы имеют глинистую гранулометрическую составляющую >100 см, слабую поглотительную способность <50 мг/экв, свидетельствует, что эти почвы относятся к группе почв *Agrisols* по международной классификации.

Объект и методы исследования. С целью ознакомления с морфогенетическим строением горно-лесных желтоземов были заложены разрезы в эродированных подлесных почвах в районах Лерик (Барзаву, Хамар село) и Ярдымли в Ленкоранской области. В средне-эродированном типе этих почв выращивают сельскохозяйственные культуры в нарушенном лесном покрове. По этой причине в результате антропогенного воздействия на эти почвы, а также после вырубki лесов структура почвы в определенной степени изменилась, и отсутствует типичная для лесных почв плотная структура. В глубоких слоях сохранились участки желтоватых железистых образований, что является явным признаком прежнего лесного покрова. На этих описываемых землях широко распространен процесс эрозии в результате воздействия природных и антропогенных факторов. Кроме того, на указанных почвах не применяются почвозащитные агротехнические и фитомелиоративные мероприятия, в результате чего разрушается почва и нарушается ее плодородие.

Результаты. По гранулометрическому составу незэродированные почвы среднеглинистые и тяжело глинистые. Крупные частицы пыли (0,05–0,01 мм) уменьшаются сверху вниз. В целом количество физических глинистых и илистых частиц (в верхнем слое) преобладает в желтых горно-лесных почвах, не подвергшихся эрозии. Количество физической глины ($<0,01$) в эродированных почвах составляет 76,30 %. Глинистые участки в основном наблюдаются в средней части профиля.

Кроме того, наличие высокой глины в гумусово-аккумулятивном горизонте является одним из характерных диагностических признаков указанных почв. По характерным диагностическим показателям морфологии описываемых почв-голубоватым и охристо-бурым пятнам ржавчины в горизонтах AU и B_h, а также по наличию на поверхности признаков оледенения марганцево-железистых производных.

Из морфологического описания видно, что верхний слой антропогенно-нарушенных почв частично смыт, в результате чего почвенный профиль значительно утолщается. Количество физической глины ($<0,01$) составляет в незэродированных горно-лесных

желтоземах 65,18 %, в эродированных почвах 62,79 %, пылевидных частиц ($<0,001$) в незэродированных почвах 21,78 %, в эродированных почвах 23,92 %. был. Количество физической глины уменьшилось на 3,06 %, а ила увеличилось на 1,68 %. Обилие илистых частиц в средних слоях этих почв свидетельствует о наличии иллювиального слоя. В связи с этим происходит упрочнение иллювиального горизонта В. Уплотненный слой «Б» простирается от 30–40 см до глубины 100–140 см, имеет очень неблагоприятные физические свойства. Сокращение гумуса и органических остатков в почвах, эродированных антропогенным воздействием, приводит к разрушению структуры почвы и уменьшению водоупорных агрегатов. В незэродированных горно-лесных желтоземах количество водоупорных агрегатов уменьшается по профилю. Большое количество гумуса и поглощенных оснований в верхнем слое почвы обуславливает образование здесь водостойких агрегатов. Большое количество эрозионно-стойких агрегатов в верхнем слое не позволяет дождям размывать почву и усиливать эрозию.

Химические свойства почв

№	Глубина, см	Гигр. влага, %	Гу- мус %	Азот, %	C:N	Соли, %	Абсорб. основания, мг/экв.		Ca/Mg	pH
							Ca	Mg		
Опоздоленные горно-лесные желтоземы										
5	0-5	4,48	4,91	0,34	8,37	0.067	34,6	9,9	3,5	5.22
	5-27	3,44	2,02	0,16	7,31	0.100	26,3	13,7	1,9	5.51
	27-62	4,25	1,34	0,11	7,06	0.067	34,8	13,2	2,6	5.70
	62-117	4,21	1,09	0,10	6,32	0.083	40,4	9,1	4,4	5.90
	117→	4,21	0,41	0,06	3,95	0.120	37,8	10,2	3,7	6.11
Горно-лесные желтые земли										
6	0-17	2,81	2,50	0,19	7,63	0.080	18,7	13,8	1,4	5.62
	17-44	2,64	1,25	0,11	6,59	0.064	19,9	2,6	7,7	5.08
	44-88	3,74	0,98	0,10	5,68	0.101	25,3	13,7	1,8	5.05
	88-106	3,01	0,79	0,08	5,73	0.223	22,8	10,7	2,1	5.27
	106→	3,08	0,72	0,08	5,21	0.062	24,3	3,2	7,6	5.58

Исследуемые почвы претерпели антропогенные изменения в результате действия природных факторов и деятельности человека. Одним из основных вопросов при изучении почвенного плодородия является определение суммы агрохимических (гумуса, азота, pH, поглощенных оснований, содержания солей) показателей почвы. Как видно из характеристики типов почв района, эрозионный процесс

и антропогенное воздействие уменьшили их количество, оказав негативное влияние на агрохимические показатели этих почв. Гумус является очень важным индикатором почвы и играет большую роль в формировании других физико-химических показателей.

Гумус улучшает физические, физико-химические свойства почвы и обеспечивает растения питательными веществами, особенно азотом. По этой причине определение гумуса по профилю имеет большое значение в незероированных и эроированных типах желтых горнолесных почв. Так, по сравнению с незероированными породами гумус уменьшился на 0,41–4,91 %, а общий азот на 0,06–0,34 % по профилю у эроированных пород. Быстрое выщелачивание карбонатов из верхних слоев привело к тому, что количество CaCO_3 было низким или полностью отсутствовало. Реакция почвенного раствора слабокислая (рН 6.0–7.1) и ее изменение по профилю имеет свои особенности. В верхнем гумусовом горизонте кислотность среды относительно низкая. В результате исследований установлено, что величина рН незероированных горнолесных желтоземов в водном растворе составляет 5.7, а в эроированных почвах увеличивается до 6.11. Антропогенные воздействия и процесс эрозии значительно ухудшили поглотительную способность почвы и уменьшили количество поглощаемых оснований. Чем больше мелких фракций в почве, тем больше поглотительная способность. Поглощенные основания ($\text{Ca}:\text{Mg}$) уменьшались от 1.9–4.4 до 1.4–7.7 в верхних слоях эроированных почв по сравнению с незероированными горно-лесными желтоземами. Из полученных результатов видно, что процесс эрозии вследствие антропогенного воздействия оказывает негативное влияние на физико-химические свойства почв. Это свойство почв напрямую влияет на жизнь и развитие растений. Количество физической глины в этих почвах составляет 62,08–76,50 %, количество гумуса 0,41–5,03 %, рН водного раствора 5,05–6,11, количество солей определяется в пределах 0,062–0,223 %. В абсорбционной способности преобладает катион Ca .

ЛИТЕРАТУРА

1. Аскерова, Г. Ф. Характеристика физико-химических свойств почв влажной и полугумидной субтропической зоны / Г. Ф. Аскерова // Материалы VI Международной научной конференции молодых ученых / Бакинский Инженерный Университет. – Баку, 2022. – 182 с.
2. Аскерова, Г. Ф. Современная сравнительная характеристика горно-луговых почв Азербайджана / Г. Ф. Аскерова, Т. А. Гасанова // Бюллетень науки и практики. – 2022. – Т. 8. – № 2. – С. 86–90.

3. Морфогенетическая диагностика, номенклатура и классификация почв Азербайджана / М. П. Бабаев [и др.]. – Баку: Наука, 2011. – 448 с.

4. Мамедова, С. З. Экологическая оценка и мониторинг земель Лянкяранской области Азербайджана / С. З. Мамедова. – Баку: Наука, 2006. – 369 с.

5. Hasanova T. A., Məmmədova G. I., Yarish A. Importance of biodegradation of grey-brown soils Universal Journal of Agricultural Research. Horizon research publishing co., ltd. NSD,CAS, Scopus indexed. DOI: 13189/ujar.2021.090301 Vol. 9, No 3. pp. 63–69 USA, CA https://www.hrpub.org/journals/article_info.php?aid=11006

УДК 631

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Ч. Т. Бахшиева, д-р философии аграрных наук, доцент
Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана,
г. Баку, Азербайджан

Ключевые слова: нефтезагрязнённые почвы, токсичность, биорекультивация, экологическая характеристика, озеленение.

Аннотация. В статье представлена химическая и экотоксикологические характеристики нефти и нефтепродуктов, описаны источники загрязнения ими окружающей среды. Были освещены биорекультивационные работы, в целях дальнейшего озеленения загрязнённых нефтью земель.

Key words: oil-contaminated soils, toxicity, bioremediation, ecological characteristics, greening

Annotation. The chemical and ecotoxicological characteristics of oil and petroleum products are presented in the article, the sources of environmental pollution are described.

Bioremediation works were enlightened in order to further green the oil-contaminated lands.

Последствия загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами зависят от многих факторов. В число таких факторов входят различие в количестве и составе, скорости разложения рассеяния нефти и нефтепродуктов, а также их постоянных спутников – растворимых солей, токсичных газов, тяжелых металлов и радионуклидов, ПАУ. Проблема устойчивости природной среды к техногенному за-

грязнению обсуждается довольно активно [1]. Глазовская М. А. рассматривает геохимическую устойчивость почв, как их способность поддерживать постоянно своих химических характеристик. Она разделяет всю сумму показателей по воздействиям на 3 группы определяющих:

- а) вынос и рассеяние продуктов техногенеза;
- б) интенсивность метаболизма продуктов техногенеза;
- в) возможность и интенсивность закрепления в ландшафтах продуктов техногенеза.

На базе этих критериев М. А. Глазовская выделила типологические группы технобиогемов прогнозных районов, в которых изменения среды при тех или других техногенных воздействиях происходит по сходному сценарию. Попадая на земную поверхность, нефть оказывается в качественно новых условиях существования. Из сугубо анаэробной обстановки с очень замедленными темпами геохимических процессов она попадает в аэрируемую среду, в которой, помимо абиотических геохимических факторов, огромную роль играют биохимические факторы и прежде всего геохимическая деятельность микроорганизмов. Будучи высоко организованной субстанцией, состоящей из множества различных соединений, нефть деградирует очень медленно процессы окисления одних структур ингибируются другими структурами, трансформация отдельных соединений происходит по пути приобретения форм, в дальнейшем трудно окисляемых. Наши визуальные наблюдения в поле, а также камеральные лабораторные исследования показали, что пропитывание нефтью почвенной массы приводит к активным изменениям в химическом составе, свойствах и структуре почв. Попадая в почву, нефть привносит собой разнообразный набор химических соединений, нарушающих сложившийся геохимический баланс в ландшафтах. Эти нарушения выражаются в изменении физического состояния среды. Исходя из полевых исследований можно сделать вывод, что внешнее проявление действия нефти наблюдается в первую очередь в полном отсутствии вегетирующих растений. Морфологическое же строение загрязненного почвенного профиля отличается от профиля незагрязненной почвы следующими признаками:

- 1) по всей скрытой почвенной толще (до глубины 120 см и больше рассматриваются расплывчатые тёмно-серые или черноватые пятна нефти или продукты её разложения);
- 2) в переходном горизонте наблюдается отчетливо выраженная ореховая структура, что, по-видимому, обусловлено структурообразу-

ющими свойствами органических веществ, имеющихся здесь в повышенном количестве, а с увеличением глубины структура быстро теряет форму и прочность;

3) отмечается повышенная влажность почвенного профиля и наличия в ней:

а) непрочной мучнистой белоглазки;

б) признаков оглеения, таких как сизые и ржавые пятна неправильной формы, а также точечные образования [2].

Нам известно, что наиболее токсичными элементами на Апшероне являются: бор, молибден, ртуть, мышьяк, свинец, йод, стронций, фтор, сера, натрий, магний, хлор. Из этих элементов бор, молибден, свинец, ртуть для некоторых элементарных ландшафтов являются более токсичными, так как содержание их в отличие от других элементов в 1–2 порядка иногда бывают выше кларка литосферы, и они интенсивно мигрируют. Установлено, что Апшеронский полуостров является борно-молибденовой провинцией, где кларки концентрации довольно высокие, так как объектом наших исследований являлись нефтезагрязнённые почвы Апшеронского полуострова, то, говоря о степени загрязнённости микроэлементами, конечно, необходимо учитывать их содержание в самом загрязнителе, то есть нефти.

Цель исследований – определение уровня загрязнения, а также продолжение вегетационных опытов, поставленных в предыдущие годы (2020–2021).

Объект исследования – нефтезагрязнённые участки на территории НГДУ Гала. Как и в предыдущие годы, на различных участках исследуемого объекта были поставлены 4 прикопки. Образцы были промыты бензолом методом декантации. Результаты этого анализа показаны в табл. 1.

Таблица 1. Результаты анализа нефтезагрязнённых участков

Прикопки	Количество образцы, г	Количество нефтепродукты, г На 100 г	
		2021	2022
1	20 г	6,24	5,31
2	20 г	7,28	5,60
3	20 г	12,3	9,7
4	20 г	24,2	23,1

Как видно из этой таблицы, количество нефтепродуктов, хоть незначительно, но уменьшилось. Объяснением тому является продолжительный полив, а также естественный процесс самоочищения, которому способствует наличие высокой температуры и влияние энергичной солнечной инсоляции. Наши вегетационные опыты (олеандра, цезальпиния) проведены на участке с минимальным количеством нефтезагрязнения (6–7 г) на 100 г почвы.

Ботаническое описание. Олеандр – монотипный род цветковых растений семейства кутровых. Это обыкновенный кустарник, широко распространенный в субтропических регионах планеты. В качестве декоративного растения олеандр широко используется в ландшафтном дизайне. Цезальпиния – лат. (*Caesalpinia*) многолетняя – это кустарник, семейства бобовых, родом из Аргентины и Уругвая с нежными мелкими листиками. У листиков забавная особенность – на ночь складываются, как бы готовясь ко сну. В жарком климате остаётся вечно-зелёной [3].



Рис. 1. Олеандр май



Рис. 2. Олеандр июнь



Рис. 3. Олеандр июль



Рис. 4. Цезальпиния май

В июне оба кустарника дружно расцвели, у обоих видов веток стало больше, а листья были сочными и упругими. Цветение продолжалось всё лето, хотя нужно отметить, что у кустов цезальпинии их было

гораздо больше и бобовых стручков по сравнению с прошлым было больше. В мае оба растения вплоть до основания были опрысканы Bastovitom.



Рис. 5. Цезальпиния июнь



Рис. 6. Цезальпиния июль

Таблица 2. Результаты вегетативных исследований

Вид растения	Количество саженцев	Высота при посадке 2020	Выживаемость кол.	Увеличения роста до	Разница, см
Олеандр	10	85–90 см	7	120 см >	30–35
Цезальпиния	10	90 см – 1 м	10	138 см >	38–48

В этом году в целях биологической рекультивации, в ходе которой и в дальнейшем на данном участке НГДУ Гала будут вестись озеленительные работы, нами были сделаны почвенные анализы по определению токсичных элементов, концентрирующихся в «смолисто-асфальтной» части нефти, так как нам известно, что в случае повышенной концентрации они (уран, никель, кобальт, свинец, йод, мышьяк, ртуть, молибден могут оказывать токсическое воздействие на биосферу) табл. 3.

Эти анализы были проведены в аналитическом центре Института геологии и геофизики НАНА индуктивным плазменным спектрометром Mass и рентгенспектрометром S8 Tiger.

Таблица 3. Количество микроэлементов на исследуемом участке Гала (мг/кг)

№	Ag	B	Ba	Br	Cd	Co	Cr	Cu	Zn	Hg	J	Mo	Mn	Pb	Sr	V	Ni
Прикопка № 1 (глубина 0–25)	<u>0,021</u> 21	<u>0,0029</u> 2,9	<u>0,1614</u> 16,4	<u>0,0065</u> 6,5	<u>0,00005</u> 0,5	<u>0,0004</u> 4	<u>0,158</u> 158	<u>0,0321</u> 321	<u>0,0711</u> 711	<u>0,000004</u> 0,04	<u>0,00022</u> 2,2	<u>0,00006</u> 0,6	<u>0,1100</u> 1100	<u>0,0005</u> 5	<u>0,1891</u> 1891	<u>0,0043</u> 43	<u>0,0088</u> 88
Прикопка № 2 (глубина 0–25)	<u>0,0041</u> 41	<u>0,00029</u> 2,9	<u>0,0667</u> 667	<u>0,00029</u> 2,9	<u>0,00008</u> 0,8	<u>0,00054</u> 5,4	<u>0,0306</u> 306	<u>0,0179</u> 179	<u>0,0254</u> 254	<u>0,000005</u> 0,05	<u>0,00021</u> 2,1	<u>0,00016</u> 1,6	<u>0,1200</u> 1200	<u>0,00051</u> 5,1	<u>0,1524</u> 1524	<u>0,0019</u> 19	<u>0,0061</u> 61

Как видно из этой таблицы, содержание тяжёлых металлов в исследуемых нами почвах значительно ниже установленных кларков [4]. Таким образом, на основании проведённых анализов и визуальных исследований в целях биологической рекультивации на территории НГДУ «Гала» можно сделать следующие выводы:

1. Присутствие нефти прослеживается по всему участку, содержание ее меняется от 5 до 23 г на 100 г почвы.

2. Выживаемость и развитие обеих культур после внесения препарата Basto-Vit стало значительно лучше, что сказалось на их росте, увеличение веток, стойкости и упругости веток, листьев, в большем количестве цветов, а у цезальпинии и бобовых стручков.

3. Содержание тяжёлых металлов на исследуемом участке значительно ниже установленных кларков, что не окажет впоследствии, губительного влияния на биоценоз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазовская, М. А. Восстановление нефтезагрязнённых почвенных экосистем / М. А. Глазовская. – М.: Наука, 1988. – 253 с.
2. Козина, Л. А. Геохимическая диагностика нефтезагрязнения / Л. А. Козина // Восстановление нефтезагрязнённых почвенных экосистем: сб. тр. / АН СССР, Науч. совет по пробл. биосферы; сост.: М. А. Глазовская. – М., 1988. – С. 112–122.
3. Соколов, С. Я. Деревья и кустарники / С. Я. Соколов. – М.: Мысль, 1966. – 637 с.
4. Перельман, А. И. Геохимия ландшафта / А. И. Перельман. – М., 1999. – 610 с.

УДК 006.06; 631.6

РАЗВИТИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ

Г. И. Бондарева, д-р техн. наук, доцент, зам. директора

А. Ю. Кульчев, мл. науч. сотрудник

ФБГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова»,
г. Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: национальная система стандартизации, нормативные документы, стандартизация, мелиорация.

Аннотация. Рассмотрены элементы национальной системы стандартизации в мелиорации. Сформированы основные цели развития стандар-

тизации в области мелиорации. Обозначены проблемы, связанные с разработкой новых нормативных документов в области мелиорации. Предложено создать отраслевой центр по стандартизации и метрологии в области мелиорации и вести подготовку грамотных кадров.

Keywords: national standardization system, regulatory documents, standardization, land reclamation.

Summary: The elements of the national standardization system in land reclamation are considered. The main goals of standardization development in the field of land reclamation have been formed. The problems associated with the development of new regulatory documents in the field of land reclamation are identified. It is proposed to create an industry center for standardization and metrology in the field of land reclamation and to train competent personnel.

Особенности современного состояния такой науки, как стандартизация характеризуется тем, что она проникает во все сферы жизнедеятельности человека и общества. Причем реализуются уже не только вопросы стандартизации в технической сфере, как это было мощно реализовано в прошлом веке в стандартах ЕСКД, ЕСТД, ЕСТПП [1], но реализация принципов стандартизации затрагивает и сферу IT технологий, экономическую деятельность, социальные проекты и даже идеологическую сферу общества [2]. В настоящее время вопросы стандартизации многообразия принципов деятельности проходят под более демократическим сопровождением, обязательные требования касаются только вопросов безопасности выпускаемой продукции, охраны окружающей среды и защиты здоровья и жизни населения. Государство устанавливает глобальные нормы и категории, а производитель их выполняет и может даже повысить требования к качеству с целью привлечения потребителя и улучшения конкурентоспособности фирмы [3, 4]. Государством формируются принимаются к обязательному исполнению технические регламенты, а национальные стандарты, правила, технические условия являются добровольными для исполнения.

Современная национальная система стандартизации должна значительно эффективнее учитывать особенности развития АПК и затрагивать особенности мелиоративного комплекса России. Старая Государственная система стандартизации в области мелиорации имела значительный уклон в область строительных норм и правил (СНИП) и нормативных документов (НД) в виде ведомственных строительных норм, методических указаний, инструкций, пособий к СНИП и т. п., на базе

которых современные предприятия мелиоративного профиля выполняют основную деятельность в области мелиоративного строительства и эксплуатации мелиоративных объектов.

В старых государственных стандартах (ГОСТах) были нормированы показатели и описаны требования к определенным производственным и технологическим процессам, например, таким как операции контроля и учета, порядок применения специального мелиоративного оборудования и сложной техники, агротехнические работы, и т. п.

Проект современной системы нормативно-методического обеспечения в области мелиорации предложен сотрудниками ФГБНУ «РосНИИПМ» [5] (рис. 1). Новая система сформирована из подсистем по видам объектов технического регулирования мелиораций, к которым предъявляются обязательные требования соответствия Федеральному закону «О мелиорации земель», техническому регламенту «О безопасности зданий и сооружений», НД обязательных для применения, а также требований классификаторов, рекомендаций и правил по стандартизации.

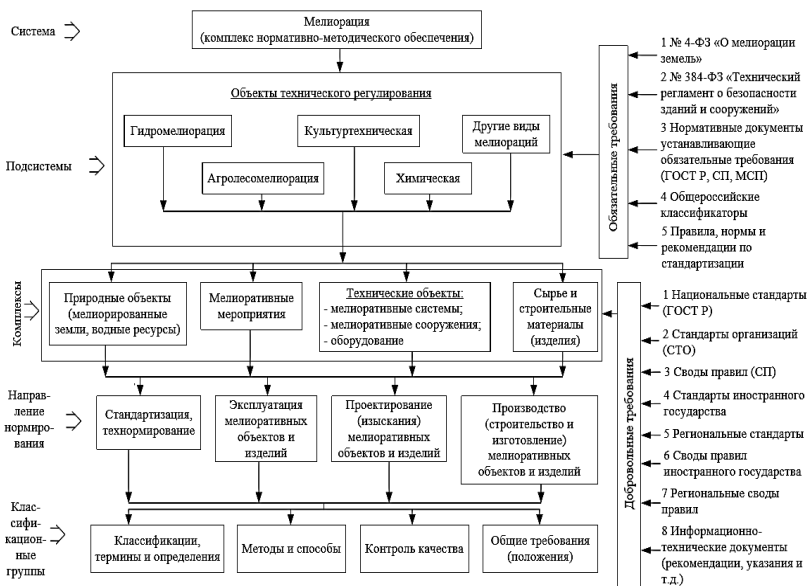


Рис. 1. Структура системы нормативно-методического обеспечения в области мелиорации [5]

В связи с изменением направления развития стандартизации в мировом масштабе и в нашей стране, в частности, необходимо качественно подойти к вопросу рассмотрения принципов, целей и задач при реформировании национальной системы стандартизации в области мелиорации.

Обновленный перечень документов в области стандартизации в мелиорации должен базироваться на международных, межгосударственных и национальных нормативных документах, рекомендаций в области стандартизации, на стандартах предприятий, на новых нормах и сводах правил. Причем следует разрабатывать и нормативные документы по метрологии, так как для гармонизации стандартов требуется обеспечение единства измерений и применение современных средств измерений [6, 7, 8].

Выделим основные цели развития национальной системы стандартизации в области мелиорации: обеспечение экологической и производственной безопасности развития мелиорации; обеспечение единства и точности измерений; расширение взаимодействия по стандартизации в области мелиорации в России; решение проблем рационального использования ресурсов в мелиорации на современном уровне; обеспечение развития научно-технической базы исследований и производства; обеспечение технической и информационной совместимости вновь водимых и эксплуатируемых объектов, продукции и технологий.

В ближайшее время необходимо провести работы по формированию нового фонда документов в области стандартизации в мелиорации, для этого необходимо:

1. Исследовать соответствие имеющихся документов национальной системы стандартизации в области мелиорации современному научно-техническому уровню.
2. Отменить НД в области мелиорации, противоречащие требованиям Федеральных Законов и технических регламентов.
3. Рассмотреть вопросы актуализации соответствующих современным требованиям НД и внести необходимые в них изменения вплоть до гармонизации с международными стандартами.

Особо стоит проблема разработки НД в области мелиорации. Здесь выявлено много несоответствий. Во-первых, существующие положения Федерального Закона «О мелиорации земель» не могут в полной мере позволить решить вопросы гармонизации нормативной базы в области мелиорации с Директивами ЕС и международными стандартами ИСО.

Во-вторых, создание технического регламента в области мелиорации земель отложено на неопределенный срок. Здесь помешали следующие факторы: отсутствие отраслевого центра по стандартизации и метрологии в области мелиорации; отсутствие молодых грамотных специалистов в этой области. В-третьих, мелиоративный комплекс России раздроблен на ряд отдельных частей (самыми крупными из которых являются проектно-изыскательская и строительная деятельность). Смежные вопросы стандартизации в мелиорации разнесены по другим сферам стандартизации: сельскохозяйственные машины, инвентарь и оборудование; растениеводство; земледелие и лесоводство; удобрения; пестициды и другие агрохимикаты; и др. В-четвертых, решению проблемы препятствует и различное толкование понятия «мелиорация земель» в мелиоративном сообществе.

Решение вышеназванных проблем может быть решено формированием системы подготовки специалистов – бакалавров, магистров, аспирантов, с целью создания отраслевого центра по стандартизации и метрологии в области мелиорации. Центр целесообразнее всего разместить при головном НИИ – ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова», а обучение возможно организовать на базе ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева в институте мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, путем незначительной корректировки учебных планов по специальностям «Гидромелиорация» и «Природообустройство и водопользование» и выполнением выпускных квалификационных работ по тематике стандартизации в области мелиорации. Все подготовленные специалисты в дальнейшем должны пройти обучение в качестве экспертов в области стандартизации и метрологии в подразделениях Росстандарта РФ. Только грамотные специалисты смогут решить проблему создания современной гармонизированной национальной системы стандартизации в области мелиорации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. пособие / О. А. Леонов [и др.]. – М.: КолосС, 2009. – 568 с.
2. Стандартизация / О. А. Леонов [и др.]. – Г.Н.М. Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. – 191 с.
3. Кирейчева, Л. В. Мелиорация земель в России: планы и реальность / Л. В. Кирейчева. – 2013. – № 2. – С. 2–5.
4. Управление качеством / О. А. Леонов [и др.]. – М.: Лань, 2018. – 180 с.

5. Щедрин, В. Н. Принципы и подходы к формированию нормативной базы мелиоративного комплекса России / В. Н. Щедрин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – № 3(03). – 2011. – С. 170–188.

6. Бондарева, Г. И. Метрология: измерение массы в АПК / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов. – М.: Изд-во Росинформагротех, 2014. – 344 с.

7. Бондарева, Г. И. Система управления финансовой устойчивостью организации / Г. И. Бондарева, А. В. Кузьмин // North Charleston, SC, USA, 7–8 июля 2014 г. / н.-и. ц. «Академический». – Т. 2. – North Charleston, SC, USA: CreateSpace, 2014. – С. 172.

8. Бочкарев, В. Я. Совершенствование нормативно-технического обеспечения мелиорации в России, пути решения проблемы / В. Я. Бочкарев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: Геликон, 2011. – Вып. 46. – 137 с.

УДК 631.67.03; 631.6.02

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

И. Г. Бондарик, канд. геол.-минерал. наук

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова»,
г. Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: сельскохозяйственное производство, орошение, изменение климата, точная мелиорация.

Аннотация. Рассматриваются перспективы развития орошения в целях увеличения производства сельскохозяйственной продукции на фоне роста населения планеты, уменьшения потенциала природных ресурсов в условиях изменения климата. Как известно, неорошаемое (богарное) сельское хозяйство полностью зависит от количества осадков и влаги, накопленной в почве. Эта форма сельского хозяйства возможна лишь в регионах, где распределение осадков обеспечивает постоянное наличие влаги в почве в критические периоды выращивания сельскохозяйственных культур. На долю орошаемого земледелия приходится около 30 % производства в развивающихся странах. Развитие орошения позволит увеличить производство продовольствия и достичь продовольственной безопасности для наименее развитых стран мира.

Keywords: agricultural production, irrigation, climate change, precise reclamation

Abstract. This is discussed the prospects for the development of irrigation in order to increase agricultural production against the background of

the growth of the world's population, reducing the potential of natural resources in the face of climate change. As you know, rain-fed agriculture is completely dependent on the amount of precipitation and moisture accumulated in the soil. This form of agriculture is possible only in regions where precipitation distribution ensures the constant availability of moisture in the soil during critical periods of crop cultivation. Irrigated agriculture occupies about 30 % of the area in developing countries. The development of irrigation will increase food production and achieve food security for the least developed countries of the world.

По расчетам ООН к 2050 году народонаселение Земли достигнет 9 миллиардов, в тоже время – площадь пашни на душу населения уменьшается, в связи с этим, модернизация сельскохозяйственного производства является ключом к устойчивому развитию, поскольку 75 % бедных слоев населения проживает в сельской местности. Они в значительной степени зависят от сельскохозяйственного производства, и в свою очередь кормят все остальное население планеты. По мнению специалистов, кризис водных ресурсов к середине 21 века приобретет поистине глобальный масштаб, что неизбежно приведет к структурным изменениям в мире, в том числе и в сельскохозяйственном производстве.

От нехватки воды страдает в разной степени почти треть населения земли – это около 2,5 миллиардов человек. Пресная вода, как известно, необходима для обеспечения жизнедеятельности человечества: для производства продуктов питания (около 60 % приходится на сельское хозяйство), на питьевое водоснабжение (около 4 %), для удовлетворения личных потребностей населения – это всего лишь 8 % от общего объема потребляемой воды, остальная вода приходится на промышленное производство (около 30 %). Расширение орошаемых площадей, по прогнозам, будет наибольшим в Южной и Восточной Азии и Ближнем Востоке, а также в Северной Африке. Эти регионы имеют ограниченную площадь пашни или не имеют ее совсем для увеличения площадей в неорошаемом сельском хозяйстве, однако они в свою очередь могут столкнуться и с дефицитом воды для орошения. С проблемой ограниченного доступа к пресной воде сталкивается не только население Ближнего Востока и Северной Африки, но и жители Центральной Азии, Индии, Кореи, Австралии, Румынии, Молдавии, Венгрии, а также и некоторых регионов США. В свою очередь в странах, не испытывающих недостатка в пресной воде, остро стоит проблема неэффек-

тивного использования имеющихся водных ресурсов, загрязнения и деградации, как поверхностных водотоков, так и глубоких водоносных горизонтов.

Расширение пахотных земель является по-прежнему важным фактором роста производства продукции растениеводства во многих странах Африки к югу от Сахары, Латинской Америке и некоторых странах Восточной Азии, хотя и в значительно меньшей степени, чем в прошлом. Рост производства пшеницы и риса в развивающихся странах будет все больше зависеть от увеличения доходности, в то время как расширение площади пахотных земель будет оставаться основным фактором роста производства кукурузы.

Рост доходности сельскохозяйственного производства зависит также от необходимости капитальных вложений в строительство и модернизацию оросительных систем, и совершенствование инфраструктуры. В 2019 году расходы на строительство новых проектов колебались от 1000 до 6000 долларов на гектар. Оценочная стоимость проектов модернизации составляет от 500 до 1000 долларов на гектар [1]. Большинство проектов, финансируются Всемирным Банком, но и другие организации, такие, как Продовольственная и Сельскохозяйственная Организации (ФАО) и Французское Агентство Развития (ФАР) и также выделяют средства на строительство оросительных систем в развивающихся странах.

В 2020 году насчитывалось 305,45 миллионов гектаров орошаемых земель в мире [2]. Поддержание всех существующих оросительных систем будет стоить около 200 миллиардов долларов. Чтобы увеличить количество орошаемых земель на 40 млн. гектар за 20 лет – цели, поставленной ФАО, необходимо вложить еще 120 млрд. долларов. Таким образом, реализация проекта обойдется странам около 320 миллиардов долларов. Добавим, сюда финансирование для обучения специалистов, а также на научные исследования – оценка общей стоимости составит 650 млрд. долларов сроком на 15 лет (время фактической реализации).

На рис. 1 видно, что в Восточной Азии и на Ближнем Востоке использована большая доля потенциально пригодных земель для орошения, в связи с выращиванием преимущественно риса – основной зерновой культуры в этом регионе. Однако в Центральной Африке к югу от Сахары не освоена большая часть потенциально пригодных для орошения земель.

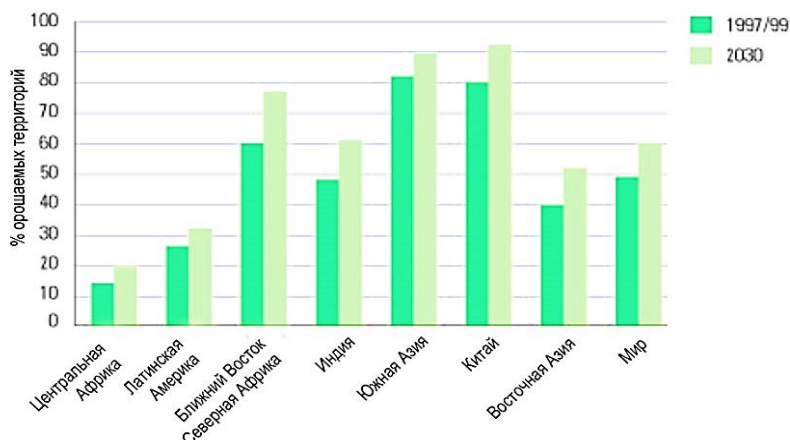


Рис. 1. Потенциал роста мелиорированных земель

По данным МКИД, орошение позволяет повысить урожайность, в среднем в два раза по сравнению с богарными землями. Хотя только 16 % пахотных земель в мире орошается, тем не менее, орошаемые земли дают 36 % мирового производства продовольствия [3].

Зерновые культуры имеют свои специфические требования к воде, которые зависят от местных климатических условий, так ориентировочный показатель для производства одного килограмма пшеницы составляет около 1000 литров воды, которая по большей части возвращается в природную среду. Для производства риса требуется в два раза больше воды, для производства мяса – от шести до двадцати раз больше воды, чем для зерновых культур, в зависимости от типа питания крупного рогатого скота. Конкретные значения водопотребления в зависимости от вида продукции приведены в табл. 1.

Таблица 1. Требования к воде различной сельскохозяйственной продукции

Продукт	Единицы	Эквивалент воды в м ³ /единицу
Крупный рогатый скот	ЕД	4000
Овцы и Козы	ЕД	500
Свежая говядина	Кг	15
Свежая баранина	Кг	10
Свежая птица	Кг	6
Зерновые	Кг	1,5
Цитрусовые	Кг	1
Масличные культуры	Кг	2
Овощные культуры	Кг	1

Как известно, неорошаемое (богарное) сельское хозяйство полностью зависит от количества осадков и влаги, накопленной в почве. Эта форма сельского хозяйства возможна лишь в регионах, где распределение осадков обеспечивает постоянное наличие влаги в почве в критические периоды выращивания сельскохозяйственных культур. На долю неорошаемого земледелия в развивающихся странах приходится около 60 % производства. Разработаны различные формы водосбережения дождевой воды, которые позволяют сохранить воду в почвенном профиле. Существуют также методы сбора дождевой воды в специальных резервуарах с последующим использованием их для орошения, однако эти технологии чрезвычайно дорогие: по данным МКЖД, стоимость систем сбора дождевой воды составляет около 1 \$ за литр, эти цифры колеблются от 0,7 до 1,5 \$ для отдельных стран мира. Если фермерское хозяйство попытается собрать и подать 1000 л воды на орошение 1 гектара, что будет составлять около 1000 долларов добавочной стоимости, что естественно, скажется на конечной цене сельскохозяйственной продукции [4].

Основное количество мелиоративных систем было построено в 70-80 годы, когда наблюдался бурный рост развития орошения в мире. В настоящий момент большинство из них неэффективно используют воду из-за устаревшей инфраструктуры и технологий: только 45 % от поливной воды фактически используется для выращивания культур, потери воды происходят из каналов (25 %) и систем орошения (15 %), а также потерь на полях (15 %) – из-за неэффективного орошения.

Для увеличения площадей и объемов орошения, кроме поверхностных водных объектов, существует возможность использования подземных водоносных горизонтов. Подземные водные ресурсы также должны использоваться ответственно. В районах с быстрым восполнением грунтовых водоносных горизонтов, где уровень грунтовых вод находится высоко, могут быть изъятые большие объемы подземных вод, чем в районах с высокой скоростью истощения водоносных горизонтов. Кроме того, в этих районах могут выращиваться культуры с большим потреблением воды. В табл. 2 приведены данные по забору воды из возобновляемых источников, эффективность ее использования и объем воды, используемой для орошения по регионам мира. Проанализировав эти данные, можно отметить, что большой потенциал для развития орошаемого земледелия имеется в наличии возобновляемых водных ресурсов и возможности увеличения водозабора для орошения, а также в повышении коэффициента использования воды на основе применения новых технологий орошения.

Таблица 2. Возобновляемые объемы водных ресурсов и забора воды для орошения в мире по регионам

Регион	Осадки, мм	Возобновляемые водные ресурсы, км ³	Коэффициент эффективности использования воды, %		Забор воды на орошение, км ³		Нагрузка на водные ресурсы от орошения, %	
Развитые страны	990	28000	44	47	2115	2413	8	9
Африка к югу от Сахары	850	3500	22	25	55	87	2	2
Латинская Америка / Карибский бассейн	1530	13500	35	35	181	253	1	2
Ближний Восток / Северная Африка	160	600	51	61	347	374	58	62
Южная Азия	1050	2300	54	57	819	906	36	39
Восточная Азия	1140	8600	33	35	714	793	8	9
Экономически развитые страны	540	14000	42	43	505	493	4	4
Мир	800	42000	44	46	2620	2906	6	7

Рассмотрим, как соотносится положение с мелиорацией в мире к ситуации в Российской Федерации. Россия в достаточной мере обеспечена всеми видами ресурсов: земельными, водными и человеческими. Правительством РФ принят ряд мер по поддержке сельского хозяйства в целом и мелиорации в частности, была осуществлена Федеральная целевая программа «Развитие мелиорации до 2020 года». В 2019 году на 1 Международном агропромышленном форуме Д. А. Медведев сказал: «Мы близки к исполнению Доктрины продовольственной безопасности. Скажем прямо, очень многие позиции, которые там заложены, казались очень труднодостижимыми, но они достигнуты. Мы можем это утверждать и, по сути, Россия вернулась в число самых главных аграрных стран мира» [5]. Полученный в 2022 году рекордный урожай зерновых в объеме 153,8 млн. тонн, увеличившись на 26,6 % по сравнению с 2021 годом (121,4 млн. тонн) является показателем устойчивого роста сельского хозяйства в нашей стране. Однако дальнейшее развитие сельского хозяйства невозможно без дальнейшего развития мелиорации в нашей стране: науки, техники, внедрении новых технологий строительства и реконструкции оросительных систем, повышения уровня подготовки специалистов-мелиораторов.

В настоящее время в практику сельскохозяйственного производства все более активно внедряются основы точного земледелия. Точ-

ное земледелие, можно определить, *как метод возделывания земли в каждой точке, точно по времени*. Таким образом, дифференцированное управление средой обитания растений и почвенной биотой в рамках «точного земледелия» с помощью точной мелиорации, позволит повысить плодородие, минимизировать применение ядохимикатов и повысить экологичность сельскохозяйственной продукции. Технологию точного земледелия невозможно реализовать без систем точной мелиорации, в этом смысле, что *точное мелиоративное регулирование комплекса факторов жизни растения и почвенной биоты* должно явиться основным инструментом точного земледелия. Точная мелиорация основана на технологиях, позволяющих создавать оптимальные условия роста растений в нужное время, в нужной точке и с точным дозированием норм воздействий. Учет мезо- и микро-неоднородностей почвенно-климатических условий на отдельно взятом поле может существенно снизить расходы водных, химических и энергетических ресурсов без существенного снижения урожаев, уменьшить загрязнение окружающей среды (удобрения и пестициды), поддерживать и стимулировать естественные процессы улучшения плодородия. Таким образом, еще одним фактором, влияющим на потенциал развития орошаемого земледелия в условиях изменения климата, является развитие и внедрение систем точной мелиорации в практику сельскохозяйственного производства в мире и в России, в частности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Amanda Palazzo Hugo Valin Miroslav Batka Petr Havlík . Investment Needs for Irrigation Infrastructure along Different Socioeconomic Pathways. Policy Research Working Paper 8744. World Bank, 2019– 63 с.
2. ICID Database - World Irrigated Area, 2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://icid-ciid.org/knowledge/icid_database. – Дата доступа: 10.03.2023.
3. Саммит по продовольственным системам ООН 2021 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.un.org/ru/food-systems-summit>. – Дата доступа: 10.03.2023.
4. Бондарик, И. Г. Международный форум по дренажу в России / И. Г. Бондарик // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 4. – С. 2–6.
5. I Международный агропромышленный форум (МАПФ-2019) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://government.ru/news/38061/>. – Дата доступа: 10.03.2023.

ИНТЕГРИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ НИЖНЕЙ КУБАНИ В ИНТЕРЕСАХ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

А. А. Бубер, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова»,
г. Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: мелиорация, водное хозяйство, гидродинамическое моделирование, управление водными ресурсами.

Аннотация. Объектом исследований является бассейн р. Кубани, в нижней части которого расположен крупнейший в России рисовый мелиоративный комплекс, в последние годы испытывающий дефицит водных ресурсов, связанный с маловодьем. Для эффективного решения задачи водообеспечения разработана вычислительная технология по управлению водными ресурсами в интересах сельскохозяйственных производителей Нижней Кубани.

Keywords: reclamation, water management, hydrodynamic modeling, water resources management.

Summary: The research object is the Kuban River basin, in the lower part of which a large rice reclamation complex is located and facing water scarcity in recent years due to a low-water period. For an effective water supply problem solution a calculation technology developed on water resources management for the Lower Kuban agricultural producers purposes.

Введение. Крупнейший рисовый агрокомплекс, расположенный в бассейне р. Кубань, является приоритетным направлением рационального и эффективного использования агресурсного потенциала России. Вместе с интенсивным развитием орошаемого земледелия, достигающего только в зоне Нижней Кубани более 160 тыс. га посевных площадей, к настоящему времени вскрылся ряд трудно решаемых проблем, обусловленных регулярным маловодием в этой части бассейна. За период создания и эксплуатации агрокомплекса произошло снижение полезного объема водохранилищ вследствие их заиления, а также устойчивых изменений динамики и объемов стока горных рек бассейна р. Кубань в результате климатических изменений.

Эксплуатация рисовых систем сопровождается трансформацией водного режима территории, деградацией почв, изменениями микроклимата и общим ухудшением состояния природных экосистем. Анализ водопользования рисосеющих агрокомплексов в зоне Нижней Кубани свидетельствует о напряженной водохозяйственной ситуации, обостряющейся в маловодные годы. В этот период ограничение нормального водопотребления в бассейне достигает 20 % и более, что наносит существенный ущерб всем водопользователям. Кроме того, в апреле 2022 г. произошло обрушение подпорного гидроузла, обеспечивающего водоподачу на 4 крупных рисовых оросительных системы, что привело к увлечению дефицита поливной воды.

Основные проблемы рационального использования водных ресурсов на территории бассейна связаны с превышением предельно допустимого отбора водных ресурсов, административной и ведомственной разобщенностью эксплуатации сооружений водохозяйственного комплекса, отсутствием надежной системы мониторинга, недостатком правовой и методической документации, регламентирующей водохозяйственную и иные виды деятельности, связанные с использованием водных ресурсов. Величина безвозвратного водопотребления – 6,86 км³, что в четыре раза превышает нормативно допустимое изъятие.

Предлагаемое авторами решение проблемы совершенствования водообеспечения и водопользования оросительных систем базируются на разработке интегрированной системы управления распределением водных ресурсов с учетом эффективности ее использования сельхозпроизводителями. Технологии управления строятся на двух взаимосвязанных оптимизационных задачах, решаемых в одном пространственном и временном формате: с помощью динамической гидравлической модели формируются и изучаются оптимальные варианты подачи поливной воды от водоисточников до водопользователя, модели продуктивности оценивают влияние параметров водоподачи на урожайность культур, учитывая технические параметры внутриводхозяйственной оросительной сети с помощью производственных функций. Гидродинамическое моделирование позволяет формировать режимы работы водохранилищ и гидроузлов таким образом, чтобы с одной стороны обеспечить командные высоты на водозаборах, а с другой, удовлетворить конфликтующие интересы водопользователей. Выработка приемлемого управленческого решения реализуется методами многокритериального анализа и теории компромиссов с ориентацией на прогноз недобора урожая в зависимости от варианта водodelения.

Материалы и методы. Вычислительная технология по управлению водными ресурсами бассейна Нижней Кубани при мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в условиях участвовавших маловодий основана на комплексном использовании 6 разработанных в России моделей: гидрологического и метеорологического прогноза; имитационных моделей формирования урожая различных культур для определения потребностей растений в воде; водно-балансовых моделей, предназначенных для определения объема подачи воды в точки водовыделов и формирования планов водопользования оросительных систем; гидродинамической модели для расчета сценариев водопользования; оптимизационной модели для выбора компромиссных в смысле Парето вариантов управления; статистических моделей для расчета потерь урожая в зависимости от дефицита водных ресурсов по фазам вегетации риса.

В период вегетации расчет формирования плана водопользования и режимов работы водохранилищ и гидроузлов выполняется (и уточняется, если необходимо) ежемесячно. На имитационных и водно-балансовых моделях формируется план водопользования на следующий вегетационный год по выбранному из ряда ретроспективных данных году 75 % обеспеченности по водности и влажности.

Модели расчета гидрометеорологического прогноза приточности реки по стандартным данным Гидрометцентра на расчетный период. Из базы данных выбирается ретроспективный ряд гидрологических данных со значениями приточности близкими к текущим значениям и прогнозу Гидрометцентра, которые корректируются нормализующими коэффициентами, а затем используются как модельные для расчета ежедневных прогнозных значений. Алгоритм формирования метеорологического прогноза аналогичен.

Для формирования расходных статей в моделях водного баланса агроландшафта производился расчет эвапорации и транспирации с полей сельскохозяйственных культур на оригинальных динамических моделях агроценозов, разработанных ВНИИГиМ [1]. На основе результатов численного моделирования сформированы графики водопотребления для риса, кукурузы, люцерны, яровой и озимой пшеницы, злакового травостоя, выращиваемых на орошаемых и богарных землях.

Динамика водного баланса структурно-неоднородного агроландшафта рассчитывалась с месячным шагом по времени по упрощенной схеме по отдельным элементам и слоям почвогрунтов с использовани-

ем традиционных гидрологических методов. Результаты расчетов водного баланса агроландшафта применялись для формирования месячных значений водозабора из бассейна р. Кубань водопользователями (филиалами ФГБУ «Управления «Кубаньмелиоводхоз») – требований водопользователей на воду. Модели водного баланса могут быть применимы для анализа управления водным ресурсами на рисовых оросительных системах и обоснования мероприятий для эффективного их использования сельхозпредприятиями.

Для формирования режимов работы водохранилищ и гидроузлов в период вегетации и имитации основных гидродинамических процессов речной системы в среде программного комплекса MIKE 11 разработана гидродинамическая модель р. Кубань от с. им. Коста Хетагурова до устья с учетом основных гидротехнических сооружений, водохранилищ и водозаборов [2].

Модель откалибрована по 7 водомерным постам, расположенным в нижней части бассейна, погрешность калибровки составила до 5 см, что свидетельствует об адекватности ее работы и пригодности для проведения сценарных расчетов и вычисления дефицитов воды для различных оросительных систем. В рамках исследований предложено 3 группы расчетных сценариев с приоритетами для различных водопользователей, сформирован набор исходных данных для выполнения гидродинамического моделирования и по результатам моделирования в виде матрицы решений определен вектор значений дефицита воды для водопользователей и сработки водохранилищ.

Для полученной матрицы решений сформированы эпюры границ Парето. Визуализация результатов расчетов в процессе принятия «оптимального» в смысле Эджворта-Парето компромиссного решения выполняется в программном комплексе Pareto Front Viewer [3], реализующем метод достижимых целей. В процессе переговоров между Лицом, принимающим решение, и заинтересованными водопользователями участвует компьютерная группа экспертной поддержки, которая готовит несколько первоначальных компромиссных сценариев и сопровождает процесс.

Для отражения экономической составляющей назначения той или иной стратегии управления водохозяйственным комплексом предложена технология расчета потерь урожая в зависимости от дефицита водоподачи и текущих метеорологических условий. Статистическая модель основана на производственных данных за последние 10 лет и позволяет оценить влияние снижения водоподачи на урожай-

ность в зависимости от вегетационной фазы и метеорологических условий. Такой подход позволяет перевести дефициты водоподачи в потери урожая для оросительных систем.

Заключение. Водообеспечение рисовых систем в условиях нехватки воды – актуальная крупномасштабная комплексная задача, которая требует совершенствования структуры управления водными ресурсами. Рациональное решение проблемы дефицита воды не может быть получено без использования современных цифровых технологий, методов математического моделирования, мониторинга водных ресурсов и состояния инженерных гидротехнических систем и сельскохозяйственных посевов.

Предлагаемый подход к решению проблемы совершенствования водообеспечения и водопользования для рисовых оросительных систем базируется на разработке интегрированной системы инструментария для управления распределением водных ресурсов с учетом эффективности использования воды сельхозпроизводителями. В практическом плане за счет централизованной системы управления водными ресурсами обеспечивается высокая эффективность их использования при реализации текущего сценария. С другой стороны, изложенный подход позволяет выявлять наиболее слабые звенья в водопользовании, дифференцировано, по каждой оросительной системе, и повысить эффективность использования водных ресурсов сельхозпроизводителями.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Имитационная модель формирования урожая картофеля «ПОТАТО» Бубер А.А., Добрачев Ю.П., Бородычев В.В., Меньшикова С.А. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021612970, 26.02.2021. Заявка № 2021612016 от 18.02.2021.
2. Buber, A.L., Bondarik, I.G., Buber, A.A., 2020. Development of approaches to water resources management in the lower Kuban to ensure water user requirements in low-water years. *Irrigation and Drainage* 69.1: 3-10.
3. Lotov A.V., Riabikov A.I., Buber A.L. A multi-criteria decision-making procedure with an inherited set of starting points of local optimization of the scalarizing functions / *Scientific and Technical Information Processing*. 2019. Т. 46. № 5. С. 328-336.

ПРОВЕДЕНИЕ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

В. В. Васильев, канд. техн. наук, доцент

Н. В. Васильева, канд. техн. наук, доцент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: реконструкция, мелиоративные системы, природоохранные мероприятия, контактные слои, эффективность.

Аннотация. В результате анализа проектов реконструкции мелиоративных систем установлены основные виды природоохранных мероприятий, оказывающие влияние на эффективность использования мелиоративных земель.

Keywords: reconstruction, drainage systems, environmental activities, contact layers, efficiency.

Summary. An analysis of the projects of reconstruction of reclamation systems are installed the main types of environmental measures that have an impact on the effectiveness of reclamation land.

Общая площадь мелиорированных сельскохозяйственных земель в республике составляет 2,9 млн. гектаров. Основная часть мелиорированных земель (62 процента) приходится на Брестскую, Гомельскую и Минскую области. В 15 районах республики мелиорированные земли составляют более 50 процентов площади сельскохозяйственных земель и обеспечивают производство основной доли продукции растениеводства. Площадь мелиорированных земель с применением закрытого дренажа составляет 2,2 млн. гектаров. На 1 января 2019 г., согласно материалам инвентаризации требуется реконструкция мелиоративных систем на площади 339,1 тыс. гектаров. Преимущественно это мелиоративные системы, построенные в 1950–1970 годах, которые отработали нормативные сроки эксплуатации и физически износились. На сельскохозяйственных землях площадью 76,4 тыс. гектаров реконструкция мелиоративных систем нецелесообразна по экологическим и экономическим соображениям. В связи с этим они подлежат переводу в другие виды земель с обеспечением экологической безопасности окружающей среды.

В условиях длительной эксплуатации выходят из строя мелиоративные системы и их элементы: происходят изменения продольного и поперечного профилей каналов за счет заиления, размыва, обрушения откосов и дна каналов, осадки грунта, зарастания их травяной и древесной растительностью; заиление, зарастание, разрушение дренажных линий, уменьшение их глубины в связи со сработкой торфа; разрушение водорегулирующих и других сооружений, их креплений и облицовок, ухудшение характеристик и выход из строя насосно-силового оборудования; меняется состояние поверхности и структура почвы в результате уплотнения ее сельскохозяйственной техникой. Это приводит к нарушению оптимальных агротехнических сроков посева и уборки сельскохозяйственных культур, условий их выращивания и в результате к значительному снижению продуктивности мелиорированных земель [1]. Учитывая вышеприведенные причины неудовлетворительного состояния мелиорированных угодий в Республике Беларусь целенаправленно осуществляется реконструкция мелиоративных систем.

Вовлечение земельных и водных ресурсов в хозяйственный оборот посредством реконструкции мелиоративных систем ведет к увеличению продукции растениеводства и животноводства. Однако, при этом могут иметь место и некоторые негативные последствия. Это проявляется в том случае, если в мелиоративной системе, начиная с проекта, не заложены природоохранные мероприятия как ее неотъемлемые элементы. Выполненный нами предварительный анализ природоохранных мероприятий, предусматриваемых в проектах реконструкции мелиоративных систем, построенных ранее в восточной части Республики Беларусь, позволил выявить некоторые направления осуществления природоохранных мероприятий. Во-первых, это запрет на регулирование малых рек с узкими поймами для использования их в качестве водоприемников, сохранение живописных участков средних рек. Во-вторых, при реконструкции практически всех мелиоративных систем предусматриваются меры, предупреждающие возможное загрязнение поверхностных и грунтовых вод. Растворенные в дренажном стоке химические элементы (неиспользованная растениями часть удобрений и смытые пестициды) могут повысить концентрацию до таких уровней, которые вызовут изменения водной флоры и фауны.

Анализ данных, приводимых в природоохранных разделах проектов по реконструкции мелиоративных систем, показал, что обычно дренажный сток не несет таких загрязнителей, концентрация которых

превышала бы предельно-допустимые концентрации. Но иногда возможны сильные дожди, когда суммарная концентрация химических соединений (часть смытых пестицидов и неиспользованных растениями удобрений) может на короткое время повысить их концентрацию. Поэтому, в устьевой части мелиоративных каналов, являющихся водоприемниками поверхностных и дренажных вод, при впадении их в реку во многих проектах предусматривается устройство накопительных емкостей различных конструкций, которые позволяют минимизировать загрязнение поверхностных вод. На самих же мелиоративных системах при этом широко применяется комплекс мероприятий по организации поверхностного стока.

В-третьих, практически во всех проектах реконструкции мелиоративных систем предусматриваются мероприятия по доведению параметров существующих каналов до проектных размеров с креплением откосов. Часто на откосах каналов образуются промоины и каверны, возникающие в связи с воздействием поверхностного стока и с выходом грунтовых вод. При этом вода выносит большое количество грунта, который оседает на дне канала, а затем поступает в другой, более крупный канал или реку водоприемник. Вынос грунта сопровождается разрушением откоса и изменением его проектного очертания. В природоохранном отношении это явление крайне нежелательно в связи с увеличением мутности вод и донными отложениями, изменяющими режим стока. В этом случае зимние работы по реконструкции и устройству каналов являются более предпочтительными, чем летние, поскольку в это время отсутствует сток. Эрозионные процессы на откосах каналов, влияющие на компоненты природной среды в основном ликвидируются инженерными, а в некоторых случаях и лесоустроительными мерами. Это характерная для мелиоративного строительства особенность – ликвидация отрицательных последствий с помощью тех же средств, которые применяются при строительстве мелиоративных систем.

На откосах плотин и дамб обвалования из песков и супесей происходят процессы несколько иного порядка. Растительность здесь редкая и слаборазвитая. Специфичность откосов дамб заключается в том, что грунт на их поверхности находится в резко контрастных условиях увлажнения. Быстрое скатывание воды приводит к малой глубине промачивания, а грунтовая вода выходит в нижней части откоса. Обнаженные песчаные откосы пылят даже при небольших скоростях ветра. Поэтому их закрепление предупреждает запыление воздушной сре-

ды тончайшими частицами песка. Самый распространенный при этом способ закрепления откосов – это посев трав. Дернина является лучшим контактным слоем на границе двух сред – воздушной и грунта, поскольку в ней развиваются те же процессы, что и в почве [2]. В качестве одного из важнейших водоохранных мероприятий для предотвращения загрязнения, засорения и истощения водотоков и водоемов предусматривают водоохранные зоны и прибрежные полосы.

Положением о водоохранных зонах на территориях, примыкающих к акваториям рек, озер, водохранилищ и других водных объектов, устанавливается специальный режим хозяйственной и другой деятельности с целью предотвращения загрязнения, заиления и истощения водных объектов, а также сохранения среды обитания животных и растений.

В пределах водоохранной зоны создаются прибрежные защитные полосы, размеры которых устанавливаются в зависимости от вида угодий, прилегающих к водному объекту и крутизны склонов. Ширина прибрежных защитных полос установлена в размере 15–25 м для луговых угодий, 15–30 м – для пашни. По открытым каналам с обеих сторон сохраняются нераспаханные водоохранные прибрежные полосы шириной по 1 м. В пределах прибрежных защитных полос запрещаются распашка земель, применение удобрений, выпас и организация летних лагерей скота, размещение палаточных городков, движение автомобилей и т. д.

Особое внимание уделяется водоохранным мероприятиям в поймах малых рек, которые наиболее чувствительны к хозяйственной деятельности человека. В верховьях таких рек ограничивается, а в отдельных случаях запрещается всякая хозяйственная деятельность (мелиоративное строительство, торфоразработки, рубки леса, уничтожение кустарника). Запрещается осушать верховые болота для последующего использования в качестве лесных и сельскохозяйственных угодий.

Существенно ограничивается регулирование русел малых рек без специальных согласований и обоснований. По этой причине при проектировании мелиоративных систем в обязательном порядке должны быть рассмотрены варианты возможного использования в качестве водоприемника малых рек в естественном состоянии.

Создание осушительных систем сопровождается их влиянием и на прилегающих территориях. В таких условиях возможно снижение уровней воды в колодцах населенных пунктов, прилегающих к объекту осушения.

Изменение водного режима меняет естественные границы ареалов растений, сокращая места их обитания, а также снижает продуктивность ягодников и некоторых категорий лесов, создает благоприятные условия для развития ветровой эрозии.

Оперативное регулирование уровней грунтовых вод предупреждает чрезмерное снижение их вне осушаемого объекта. Более того, поддержание уровня грунтовых вод в соответствии с требованиями растений на торфяных почвах снижает интенсивность их сработки и обеспечивает возможность оперативной борьбы с пожарами на торфяниках. В качестве противопожарных мероприятий на торфяниках предусматривают устройство противопожарных водоемов. Для предотвращения недопустимого понижения уровня грунтовых вод на прилегающих к осушаемому массиву территориях проектируют осушительно-увлажнительные системы.

Важным водоохраным мероприятием является создание водооборотных осушительно-увлажнительных систем, в которых аккумулируемый поверхностный и дренажный сток повторно используется для увлажнения мелиорируемых земель. Повторное использование воды повышает эффективность использования минеральных удобрений и предотвращает загрязнение водных источников биогенными веществами, ядохимикатами и другими загрязнителями.

Для предотвращения накопления в почве вредных веществ, предусматривается дробное внесение удобрений в вегетационный период, отказ от внесения удобрений по снежному покрову, ограничение до минимума применения азотных удобрений осенью. Рекомендуется строгое соблюдение всех требований технологии возделывания сельскохозяйственных культур, а также хранения и транспортировки удобрений, ядохимикатов и горюче-смазочных материалов.

Контактными слоями между различными средами при реконструкции мелиоративных систем можно считать следующие граничные территории: между лесом и полем, где проявляется «эффект опушки»; осушенным болотом и прилегающими к нему сельскохозяйственными угодьями; полем и приречной лесостепной растительностью в пределах реконструируемой мелиоративной системы; полосы вдоль дорог или трубопроводов большого диаметра, проложенных по поверхности; между берегом и прибрежной зоной, а также мелководной территорией водохранилища или пруда. Комплексным природоохранным мероприятием на контактных слоях можно считать посадку лесополос. Они, к тому же являются и вертикальными границами сред. Это обстоятельство имеет очень существенное значение для охраны

природных компонентов на мелиорированных землях. Кроме того, лесные посадки придают антропогенным ландшафтам разнообразие и привлекательность [3, 4].

Резюмируя вышеизложенное, можно отметить, что поскольку экологическое совершенствование при реконструкции мелиоративных систем возможно различными средствами (техническими, агротехническими, лесотехническими), то, прежде всего они должны минимизировать возможные отрицательные последствия на контактах сред [5]. Следует также отметить, что хозяйственная значимость и малая изменчивость мелиоративной агроэкосистемы существенно зависят от коэффициента земельного использования (КЗИ). При увеличении отчуждаемой площади (под каналами, дорогами, лесополосами, природоохранными сооружениями) сокращается территория, занятая сельскохозяйственными культурами и, следовательно, уменьшается КЗИ и выход валовой продукции. Особенно это заметно при уменьшении КЗИ до 0,8. Вот почему при реконструкции мелиоративных систем практически всегда ставится задача о повышении КЗИ. Однако замечено, чем выше КЗИ, тем менее устойчивой становится агроэкосистема в природоохранном отношении. В этом случае необходима дополнительная энергия для поддержания ее устойчивости. Наиболее энергоемкой и неустойчивой будет та агросистема, в которой отсутствуют природоохранные мероприятия. И, наоборот, присутствие их сберегает затраты человеческой энергии, предупреждает ущербы и в конечном счете повышает устойчивость системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы [электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 1 февр. 2021 г., № 59 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021. – 115 с.
2. Минаев, И. В. Экологическое совершенствование мелиоративных систем. – Минск: Ураджай, 1986. – 151 с.
3. Васильев, В. В. Природоохранные мероприятия при реконструкции мелиоративных систем в Республике Беларусь / В. В. Васильев, О. А. Шавлинский // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: сб. тр. III Междунар. науч. экологич. конф. – Краснодар, 2013. – С. 284–286.
4. Васильев, В. В. Оптимизация использования ресурсов при эксплуатации мелиоративных систем / В. В. Васильев, О. А. Шавлинский // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3. – С. 151–158.
5. Васильев, В. В. Экологические проблемы мелиорации земель в Белоруссии / В. В. Васильев, Н. В. Васильева, О. А. Шавлинский // Природообустройство. – 2008. – № 3. – С. 29–31.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ РЖИ НА ПРИМЕРЕ БАРАНОВИЧСКОГО РАЙОНА

А. А. Волчек, д-р геогр. наук, профессор

Ю. П. Городнюк, преподаватель-стажер

УО «Брестский государственный технический университет»,
г. Брест, Республика Беларусь

Ключевые слова: озимые зерновые, урожайность, температура воздуха, осадки, температура почвы, изменение климата.

Аннотация. Детально проанализирована динамика урожайности озимой ржи Барановичского района и установлены основные факторы, определяющие урожайность.

Keywords: winter grains, yield, air temperature, precipitation, soil temperature, climate change.

Summary. The dynamics of winter crop yields in Baranovichi district were analyzed in detail and the main factors determining the yield were established.

Введение. Крупномасштабные мелиорации, проведенные во второй половине прошлого столетия, определили одним из направлений развития экономики — сельское хозяйство как Брестской области, так и Барановичского района. Одной из ключевых культур района является озимая рожь. Климатические условия оказывают значительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур, что вносит неопределенность в планирование экономического развития района.

В настоящее время исследованиям климатообусловленной изменчивости урожайности озимых культур посвящено много работ, тем не менее, поставленная задача решена далеко не полностью из-за сложности механизмов формирования урожая [1].

Целью настоящей работы является моделирование урожайности сельскохозяйственных культур на примере урожайности озимой ржи Барановичского района в зависимости от плодородия почв, уровня агротехники, сорта культур, антропогенной нагрузки, а также погодных условий.

Исходные данные и методы исследования. Основу исследований составили многолетние ряды наблюдений за урожайностью озимой ржи с 1954 по 2021 гг. Используются данные Министерства

статистики и анализа Республики Беларусь об урожайности культур и материалы Республиканского гидрометеоцентра о климатических характеристиках по Барановичскому району. Для описания многолетних колебаний урожайности использованы статистические методы, описанные в [2].

Методика моделирования урожайности сельскохозяйственных культур подробно описана в работе [3], ниже остановимся на ее алгоритме.

Вегетационный период для озимой ржи в расчетах принят: сентябрь – декабрь предыдущего года и январь – июль текущего.

Факторы, влияющие на урожайность, можно условно разделить на две группы: к первой группе относятся плодородие почв, уровень агротехники, сорта культур, антропогенные нагрузки и т. д.; ко второй – климатические условия. Тогда урожайность можно представить как:

$$Y(t) = Y_{\phi}(t) \pm \Delta Y(t), \quad (1)$$

где $Y(t)$ – урожайность в расчетный календарный год, ц/га;

$Y_{\phi}(t)$ – фоновая урожайность в том же году;

$\pm \Delta Y$ – отклонение фактической урожайности от фоновой, ц/га.

Влияние технологических факторов, таких как плодородие почв, уровень агротехники, сорта культур, антропогенные нагрузки с достаточной для практики точностью можно описать многочленом второй степени, а разность между фактической урожайностью и фоновой составит отклонения, которые определяются, в основном, погодными условиями. Динамика погодной составляющей урожайности $\pm \Delta Y(t)$ может быть представлена в виде аддитивной функции.

$$\Delta Y(t) = u(t) \pm \eta(t), \quad (2)$$

где $u(t)$ – детерминированная функция;

$\eta(t)$ – случайная составляющая.

Случайная составляющая урожайности определяется вероятностными методами, т. е.

$$\pm \eta(P_{\%}) = \pm \bar{\eta}(\Phi_{P_{\%}} \cdot C_v + 1), \quad (3)$$

где $\bar{\eta}$ – среднее значение случайной составляющей урожайности, ц/га;

$\Phi_{P_{\%}}$ – числа Фостера расчетной обеспеченности;

C_v – коэффициент вариации.

Анализ взаимосвязи урожайности и климатических параметров проводился в два этапа. На первом этапе находились отклонения фактической урожайности от фоновой. На втором – анализ полученных временных рядов и агроклиматических показателей.

Основные результаты и их обсуждение. На рис. 1 представлена динамика средней урожайности озимой ржи по Барановичскому району за период с 1954 по 2020 гг. Средняя урожайность озимой ржи составила 21,4 ц/га. В урожайности озимой ржи явно прослеживается тренд. Для исследуемого района выявлена устойчивая тенденция возрастания урожайности до 1990 г., что определено переходом сельского хозяйства на интенсивный путь развития, совершенствованием технологий, посевного материала и удобрений. В 90-е годы во всех районах начинается постепенный спад урожайности, связанный с общим падением экономики в стране, а также деградация мелиоративных систем и мелиорированных земель, увеличение случаев экстремальных климатических факторов во время интенсивной вегетации и другие. После стабилизации экономики наблюдается рост урожайности, который определяется новыми сортами, технологиями, удобрениями. В тоже время современных сельскохозяйственные культуры, при высокой потенциальной урожайности являются более чувствительными к колебаниям погоды.

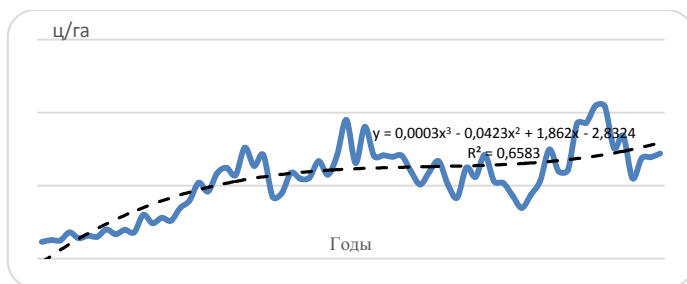


Рис. 1. Динамика средней урожайности озимой ржи по Барановичскому району за период с 1954–2021 гг.

Уравнение тренда фактической урожайности озимой ржи Барановичского района имеет вид:

$$Y_{\phi}(t) = 0,0003 \cdot t^2 - 0,042 \cdot t + 1,862, (R = 0,81).$$

Отклонения фактической урожайности от линии тренда представлены на рис. 2.

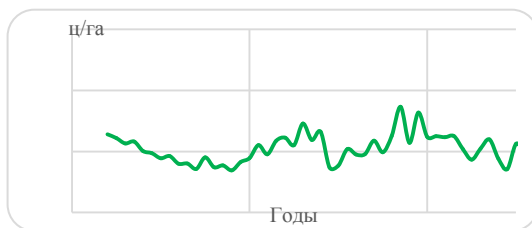


Рис. 2. Отклонение фактической урожайности от фоновой озимой ржи в Барановичском районе

Временные ряды отклонений фактической урожайности от фоновой подчиняются нормальному закону распределения вероятностей, что наглядно видно из представленной диаграммы (рис. 3), а также подтверждено специальным анализом [2].

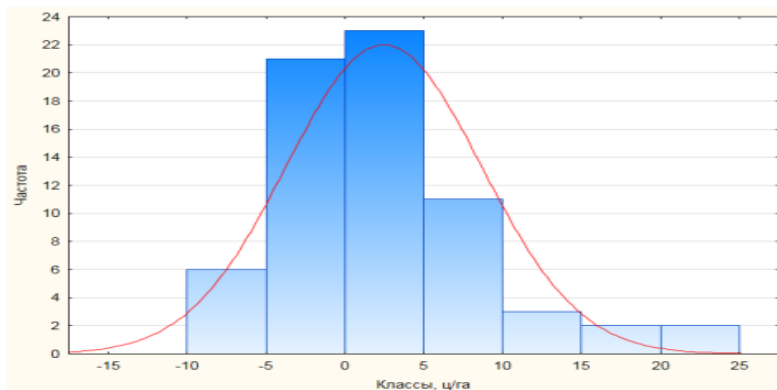


Рис. 3. Гистограмма распределения отклонения фактической урожайности от фоновой озимой ржи в Барановичском районе

Проведенный регрессионный анализ позволил описать погодную составляющую урожайности озимой ржи полиномом первой степени:

$$u = 0,088 \cdot \Delta P_2 + 0,051 \cdot \Delta T_{в1} + 4,427 \cdot \Delta T_{в2} - 4,071 \cdot \Delta T_{п2} + 0,542 \cdot \Delta T_{п1},$$

где ΔT_b – отклонение месячной температуры воздуха от нормы расчетного месяца;

ΔT_n , ΔP – то же соответственно температура почвы и атмосферные осадки. Индексы при переменных соответствуют порядковому номеру месяца. Коэффициент множественной корреляции $R = 0,95$.

Интересно проследить изменение погодных условий. Благоприятным по урожайности год за исследуемый период наблюдения является 2013–2014 гг. В зимний период выпало достаточное количество осадков, а также температура почвы и воздуха была благоприятной для хорошей урожайности в этом году. Таким образом, используя уравнение (1) и полученные зависимости смоделирована урожайность озимой ржи по Барановичскому району (рис. 4).

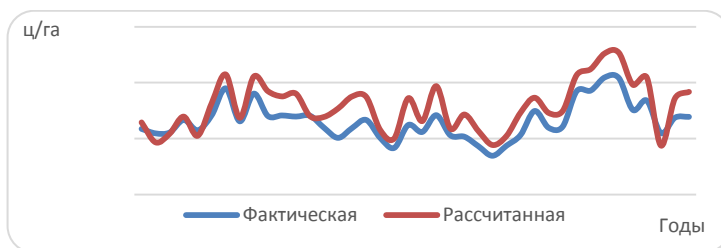


Рис. 4. Фактическая и рассчитанная урожайности озимой ржи по Барановичскому району

Проверка предложенной методики на реальном материале показала хорошую сходимость фактической и рассчитанной урожайности, что можно увидеть из таблицы. Таким образом, можно констатировать, что полученная модель адекватно отражает реальную картину урожайности озимой ржи в Барановичском районе.

Ошибки расчета урожайности озимой ржи по Барановичскому району

% отклонения расчетной и фактической урожайности	Количество лет, %	Нарастающий итог, %
0–5	7,5	7,5
5–10	2,5	10,0
10–15	32,5	42,5
15–20	22,5	65,0
20–35	30,0	95,0
35–55	5,0	100

Выводы. Проведен детальный анализ динамики урожайности озимой ржи, что позволило установить основные факторы, определяющие урожайность. Проведенным корреляционным анализом выявлено влияние отдельных месяцев температуры воздуха, почвы и осадков на урожайность озимой ржи в Барановичском районе, установлены закономерности и модели. Таким образом, основные результаты работы можно свести к следующему. На урожайность озимой ржи, наибольшее влияние оказывают холодные месяцы, когда определяются условия перезимовки. В более теплое время происходит образование генеративных органов и определяется полная спелость культуры.

Разработана методика прогнозирования урожайности озимой ржи Барановичского района с заблаговременностью в 1 год, которая позволила получить удовлетворительные результаты при прогнозировании урожайности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сачок, Г. И. Факторы и модели изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур Беларуси / Г. И. Сачок, Г. А. Камышенко. – Минск: Бел. наука, 2006. – 243 с.
2. Статистические методы в природопользовании: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В. Е. Валуев, А. А. Волчек, П. С. Пойта, П. В. Шведовский. – Брест: Изд-во Брестского политехнического института, 1999. – 252 с.
3. Логинов, В. Ф. Оценка влияния климатических факторов на динамику урожайности основных сельскохозяйственных культур в Брестской области / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, Ан. А. Волчек // Природные ресурсы. – 2006. – № 3. – С. 5–22.

УДК 627.532

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО УСКОРЕНИЮ СТОКА ВОДЫ С ОСУШАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ

А. А. Волчек, д-р геогр. наук, профессор

В. В. Борушко, исследователь в области технических наук
УО «Брестский государственный технический университет»,
г. Брест, Республика Беларусь

Ключевые слова: осушение, модель, атмосферный сток, лесополоса.

Аннотация: использование открытых водоёмов и растений гидрофитов наряду с традиционными методами осушения способствует более быстрому сбросу воды с осушаемых. В работе предпринята попыт-

ка оценить влияние лесополос на величину атмосферного стока с модельного поля.

Key words: drainage, model, atmospheric runoff, forest belt.

Summary: the use of open reservoirs and hygrophyte plants, along with traditional methods of drainage, contributes to a more rapid discharge of water from drained areas. An attempt was made to assess the impact of forest belts on the amount of atmospheric runoff from a model field.

В настоящее время основным методом обеспечения оптимального водно-воздушного режима почв является сброс избыточных влагозапасов с помощью регулярной осушительной сети.

Альтернативным методом удаления избыточной влаги является возможность использования атмосферного стока. Одним из достоинств этого стока является участие испарившейся влаги в формировании местных осадков, а также осадков на сопредельных территориях. Так коло 90 % осадков, выпадающих на территории Белорусского Полесья – это влага, испарившаяся с поверхности атлантического океана, а 10 % осадков происходит из местного испарения. Используя возможности атмосферного стока, можно увеличить долю местного испарения и увеличить количество осадков, выпадающих на территории Белорусского Полесья [1]. Увеличение испарения на территории Беларуси благоприятно повлияет и на соседнее Поволжье, куда также переносится испарившаяся влага.

Для усиления эффекта испарения влаги используют открытые водоёмы. Это обусловлено тем, что максимальная величина испарения происходит с поверхности воды. Учитывая различное количество осадков и интенсивность испарения в различные месяцы года, максимальные размеры водоёма глубиной 2 м для аккумуляции сбрасываемой воды могут достигать площади до 7,5 км² [ссылка на Баку]. В связи с тем, что размеры достаточно велики для одного водоёма, поэтому, для достижения нужного эффекта необходима сеть более мелких по площади водоёмов.

Также испарение влаги идёт посредством процесса транспирации древесными растениями. Обычно для большинства растений интенсивность транспирации в среднем составляет 15–250 г на 1 м² днем и 1–20 г на 1 м² ночью [3]. С этой целью создаются лесополосы вдоль мелиоративных каналов и границ полей.

На скорость транспирации влияют факторы окружающей среды, такие как температура, с повышением которой увеличивается испаре-

ние воды, ветер и относительная влажность. При повышении температуры относительная влажность уменьшается, что ускоряет процесс суммарного испарения.

Для поддержания оптимального водно-воздушного режима осушаемых территорий можно использовать комбинированные методы. Так, увеличение испарения с водоёмов возможно с применением растений гигрофитов, высаженных вдоль каналов и вокруг водоёмов. К таким видам, произрастающим на территории Беларуси, относятся: тополь пирамидальный, дуб черешчатый, клён белый, клён остролистный. Согласно исследованиям, дневной расход воды на транспирацию из расчета на одно дерево следующий: тополь пирамидальный – от 1045,0 до 2832,5 кг воды, клён серебристый – от 462,0 до 834,9 кг [4]. Средние значения по показаниям суточного расхода воды на транспирацию занимают клён белый, клён остролистный, дуб черешчатый, дуб черешчатый, берёза повислая, рябина промежуточная, багряник канадский, орех грецкий, вяз перистоветвистый и каштан конский (от 126,0 до 518,0 кг).

Рассмотрим модельное поле размером 20 га с древесными насаждениями тополя пирамидального, которые могут обеспечить расход воды посредством транспирации одним деревом до 0,066 л/с. Если деревья размещаются по периметру поля с интервалом 5 метров, количество деревьев составит 358. Максимальный сток, который может обеспечить такое насаждение составит 23,47 л/с или для площади целого поля 1,17 л/(с га). Полученное значение сопоставимо с величиной дренажного стока, который для условий Белорусского для торфяных почв составляет около 0,9 л/(с га) [5], что даёт весомое увеличение стока с поля.

Деревья, высаженные таким образом также образуют защитную лесополосу, использование которой также способствует преодолению негативного влияния суховея на произрастание сельскохозяйственных культур, приводит к улучшению водного режима почвы путём задержания снега и для предотвращения эрозии почв и роста оврагов и т. д.

В тоже время обустройство лесополосы может привести к уменьшению скорости ветра, которое может достигать 50 % от среднего значения скорости. При средней скорости ветра на Белорусском Полесье 3,68 м/с [6], новое значение с учётом лесополосы составит 2,32 м/с. Согласно формуле (1) [7], из-за изменения скорости ветра величина испарения уменьшится в 1,57 раз.

$$E = 0,14(1 + 0,72u_2)(e_0 - e_2), \quad (1)$$

где u_2 – скорость ветра на высоте 2 м над поверхностью воды;

E – слой испарившейся воды, мм/сут.;

e_0 и e_2 – давление насыщенного водяного пара и парциальное давление водяного пара, гПа.

Такое явление вызовет уменьшение поверхностного стока на 0,14 л/(с га). Несмотря на уменьшение скорости ветра, вызванного созданием лесополосы вокруг поля, итоговый сток будет составлять величину около 1,03 л/(с га).

Таким образом в настоящее время необходимо использовать традиционные методы и, по возможности, внедрять методы осушения через атмосферный сток. Совместное использование дренажных систем и растений гидрофитов способствует более быстрому сбросу воды с поля весной, вследствие чего почва быстрее прогревается за счёт меньшей теплоёмкости воздуха, заполняющего поры почвы, по сравнению с ушедшей водой. Ранний прогрев почвы позволит производить сев сельскохозяйственных культур в более ранние сроки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борушко, В. В. К вопросу о возможности осушения земель при помощи атмосферного стока / В. В. Борушко, А. А. Волчек, С. В. Сидак // Мелиорация и сельское строительство. Поиск молодёжи: сборник научных трудов студентов, магистрантов, аспирантов и соискателей / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия: под ред. Р. А. Другомилова. – Горки: Печатник, 2019. – С. 12–14.
2. Борушко, В. В. О возможности осушения больших территорий через атмосферный сток на примере Белорусского Полесья / В. В. Борушко, А. А. Волчек, С. В. Сидак // Почвенно-экологические проблемы агроценозов и пути их решения: сб. материалов Международной научно-практической конференции, Баку, 3-4 июня 2021 г. / Национальная академия наук Азербайджана. Институт почвоведения и агрохимии. – Баку: Институт почвоведения и агрохимии, 2021. – С. 107–109
3. Каюмов, М. К. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений Учебное пособие / ФГОУ ВПО Росс. гос. аграр. заоч. университет. — Москва, 2004. — 190 с.
4. Ахматов М. К. Дневной расход воды на транспирацию целым древесным растением // Universum: Химия и биология : электрон. научн. журн. – 2016. – № 8(26). – Режим доступа: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/3438>. – Дата доступа: 03.02.2023.
5. Технические условия и нормы проектирования осушительных систем в Белорусской ССР. Под общ. ред. Лубяко Е.И., Минск, 1970. – 50 с.
6. Волчек, А. А. Ветровой режим Белорусского Полесья / А. А. Волчек, А. В. Гречаник // Природнае асяроддзе Палесся: асабліваці і перспектывы развіцця: зборнік навуковых прац VIII Міжнароднай навуковай канферэнцыі "Природнае асяроддзе Палесся і навукова-практычныя аспекты рацыянальнага рэсурсакарыстання": заснаваны ў 2008 г., Брэст, 12–14 верасня 2018 г. / НАН Беларусі, Палескі аграрна-экалагічны інстытут; рэдкал.: М. В. Міхальчук [і інш.]. – Брэст: Альтэрнатыва, 2018. – С. 24–26.

7. Охрана окружающей среды и природопользование. Гидрометеорологическая деятельность. Правила проведения наблюдений за испарением с водной поверхности и расчета испарения с поверхности водоемов. Технический кодекс установившейся практики ТКП 17.10-27-2010 (02120) // Минск: Минприроды. 2011. – 104 с.

УДК 378.147:51

ПРОБЛЕМНЫЙ ПОДХОД ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФУНКЦИЙ НЕСКОЛЬКИХ ПЕРЕМЕННЫХ

Т. Б. Воронкова, канд. экон. наук, доцент

С. Л. Василькова, ст. преподаватель

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: проблемное обучение, функции нескольких переменных.

Аннотация: в статье раскрывается роль проблемного метода в обучении студентов вузов на примере изучения функций нескольких переменных.

Key words: problem technology in education, functions of several variables.

Summary: The article reveals the role of the problematic method in teaching university students on the example of studying the functions of several variables.

Основными целями математического образования аграрного вуза являются овладение студентами математическими методами, необходимыми как для применения в практической деятельности, так и для изучения смежных и специальных дисциплин; интеллектуальное развитие будущих специалистов; формирование логического мышления для усвоения математики и даже для полноценной жизни в обществе и, несомненно, формирование личности в процессе обучения. Высшая математика изучается студентами младших курсов очной и заочной формы обучения биологических, экономических и инженерных специальностей БГСХА.

Это предъявляет серьезные требования к нам, преподавателям кафедры высшей математики и физики, поскольку формирование будущего специалиста начинается с первого дня обучения в вузе. Высшая

математика играет большую роль в развитии личности студентов. Различают научно-профессиональная роль высшей математики, которая предполагает, что будущий специалист сумеет воспользоваться усвоенным математическим аппаратом для описания и решения конкретной производственной задачи, сумеет грамотно выполнить алгоритмические предписания на математическом языке. Социально-личностная и общекультурная роль высшей математики предполагает, что студент владеет логическим и абстрактным стилем мышления, умеет проводить аргументированные рассуждения и отличать доказанные утверждения от недоказанных, понимает значимость математики, как неотъемлемой части общечеловеческой культуры воздействовать на иные ее области. Проблемный метод обучения способствует гуманистической трансформации содержания высшей математики, а также обогащению и раскрепощению образовательного пространства предмета. Преподаватели нашей кафедры достаточно серьезно относятся к этому методу: изучение практически каждого нового лекционного материала начинается с создания проблемной ситуации, студентам показывается применение математических понятий в профессиональных задачах.

Студенты старших курсов экономических специальностей нашего вуза нередко в экономической литературе встречаются с производственными функциями, экономико-математическими количественными зависимостями между величинами выпуска (количества продукции) и факторами производства, такими как затраты ресурсов или уровень технологий. Если выделить главный фактор производства, то получится однофакторная производственная функция $y = f(x)$. Эта функция представляет собой функцию одной независимой переменной. Именно с этой функцией студенты нашего вуза начинают изучать тему «Математический анализ функции одной независимой переменной», которой отводится самое большое количество учебных часов. Более точно процесс производства в аграрном секторе экономики выражается функцией $Q = f(K, L, T, M)$, где Q – объем производства сельскохозяйственной продукции, K – капитал или объем основных производственных фондов, L – земельные ресурсы предприятия, T – затраты трудовых ресурсов, M – затраты на сырье или объем оборотных производственных фондов. Нередко к факторам добавляются выраженные количественно применяемые технологии и элементы предпринимательства. Представленная производственная функция относится к функциям многих переменных.

Математический анализ этой функции начинается с изучения функции двух независимых переменных $z = f(x, y)$. Прежде всего, дается определение этой функции, дается понятие области определения функции и её графическое изображение, способы задания, график этой функции. Под линией уровня понимается линия в области определения функции, заданная уравнением $f(x, y) = c$, в каждой точке которой функция принимает одно и тоже значение c . Если производственная функция $z = f(x, y)$ выражает зависимость между объемом произведенной продукции z и наиболее значимыми факторами производства x и y , то линия $f(x, y) = c$ в экономике называется изоквантой продукции c . Каждая точка $M_0(x_0; y_0)$ этой линии покажет сочетание объемов факторов для достижения объема продукции c .

Применение производной в экономических исследованиях удобно использовать для предельных характеристик производственных процессов. Если производственная функция $z = f(x, y)$ выражает зависимость объема продукции от затрат факторов производства, то частные производные z'_x и z'_y покажут предельную эффективность этих факторов, т. е. на сколько единиц увеличится выпуск продукции при увеличении каждого фактора на единицу. Отношения частных производных $\frac{z'_x}{z'_y}$ и $\frac{z'_y}{z'_x}$ покажут предельные нормы замещения единицы фактора x фактором y и наоборот. Коэффициенты эластичности:

$$E_x(x, y) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta_x f(x, y)}{\Delta x} \cdot \frac{x}{f(x, y)} = \frac{x}{f(x, y)} \cdot f'_x(x, y)$$

$$\text{и } E_y(x, y) = \lim_{\Delta y \rightarrow 0} \frac{\Delta_y f(x, y)}{\Delta y} \cdot \frac{y}{f(x, y)} = \frac{y}{f(x, y)} \cdot f'_y(x, y)$$

показывают проценты изменения объема продукции при увеличении факторов производства на 1 %. Например, рассчитаем коэффициенты эластичности двухфакторной модели Кобба – Дугласа $z = kx^\alpha y^\beta$. Поскольку $z'_x = k\alpha x^{\alpha-1} y^\beta$, то

$$E_x(x, y) = \frac{x}{f(x, y)} \cdot f'_x(x, y) = \frac{x \cdot k \alpha x^{\alpha-1} y^\beta}{k x^\alpha y^\beta} = \alpha, \text{ аналогично}$$

$$z'_y = k \beta x^\alpha y^{\beta-1} \text{ и } E_y(x, y) = \frac{y}{f(x, y)} \cdot f'_y(x, y) = \frac{y \cdot k \beta x^\alpha y^{\beta-1}}{k x^\alpha y^\beta} = \beta.$$

Если сумма процентного увеличения объема продукции $\alpha + \beta$ превышает единицу, то это свидетельствует об эффективном использовании обоих факторов производства. Однако высшая математика является фундаментальной наукой, и, кроме того, задания прикладного характера требуют от студентов знаний специальных предметов. Поэтому проблемным обучением не может быть охвачен весь материал темы «Функции многих переменных». Необходимо разумное сочетание прикладного и фундаментального при изучении этой темы. Кроме того, проблемный подход к обучению должен гармонично сочетаться с другими методами и технологиями обучения: модульно-рейтинговой системой обучения, информационными и другими технологиями. Быстро развивающийся прогресс увеличивают скорость принятия решения в профессиональной деятельности, поэтому на первое место выходит не механическая передача знаний студентам, а выработка у них навыков самообразования и мотивации к обучению. В связи с этим, преподаватели нашей кафедры стремятся направить образовательные технологии на формирование субъективной позиции обучаемого в целостном образовательном процессе вуза, опираясь на механизм диалогичности и сотрудничества преподавателя, кафедры, деканата и обучаемого.

ЛИТЕРАТУРА

1. Теория и практика профессиональной подготовки студентов в аграрном вузе / В. А. Шабунина [и др.]: Коллективная монография. – М., 2018. – 184 с.
2. Резник, С. Д. Управление изменениями в высшей школе / под общ. ред. Р. М. Нижегородцева, С. Д. Резника. – М.: ИНФРА-М, 2019. – 388 с.

ПРАВОВОЙ РЕГЛАМЕНТ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИЙ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА И ДОКТОРА НАУК В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А. А. Дедов, канд. с.-х. наук

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова»,
г. Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: *ученые степени, научная аттестация, диссертационный совет, высшее образование, диссертация*

Аннотация. Приводится нормативно-правовая база и порядок присуждения учёных степеней в Российской Федерации. Дан перечень документов, представляемых в диссертационный совет на соискание ученой степени кандидата и доктора наук по паспорту специальности «Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика».

Key words: *academic degrees, scientific certification, dissertation council, higher education, dissertation.*

Annotation. The regulatory framework and the procedure for awarding academic degrees in the Russian Federation are given. The list of documents submitted to the dissertation Council for the degree of candidate and Doctor of Sciences is given.

Порядок присуждения учёных степеней в Российской Федерации закреплён Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 «О Порядке присуждения учёных степеней» (вместе с «Положения о присуждении ученых степеней») (с изм. и доп.) и приказом Минобрнауки России от 10.11.2017 №1093 «Об утверждении Положения о совете по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук».

Диссертация на соискание ученой степени является научно квалификационной работой и представляет собой специально подготовленную рукопись или научный доклад (допускается на соискание ученой степени доктора наук). Соискатель ученой степени имеет право представить диссертацию к защите в любой диссертационный совет. При этом научная специальность (научные специальности) и отрасль науки, по которым выполнена диссертация, должны соответствовать

научной специальности (научным специальностям) и отрасли науки, по которым диссертационному совету Министерством науки и высшего образования Российской Федерации предоставлено право проведения защиты диссертаций.

В соответствии с пунктом 9 Положения диссертация на соискание ученой степени доктора наук представляет собой научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, либо решена научная проблема, имеющая важное политическое, социально-экономическое, культурное или хозяйственное значение, либо изложены новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны [1].

Диссертация на соискание ученой степени кандидата наук представляет собой научно-квалификационную работу, в которой либо содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, либо изложены новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны [1].

Диссертация должна быть написана автором самостоятельно, обладать внутренним единством, содержать новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствовать о личном вкладе автора в науку. Предложенные автором новые решения должны быть аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями. В диссертации, имеющей прикладное значение, должны приводиться сведения о практическом использовании полученных автором научных результатов, а в диссертации, имеющей теоретическое значение, – рекомендации по использованию научных выводов. Основные научные результаты докторской и кандидатской диссертации должны быть опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Полный Перечень рецензируемых научных изданий приведен на официальном сайте ВАК [2]. Минимальное количество публикаций в рецензируемых научных изданиях составляет по сельскохозяйственным наукам для: докторской диссертации – не менее 10, (в виде научного доклада – не менее 30 за последние 10 лет), для кандидатской – не менее 2. Требования к публикациям для иностранных граждан не отличаются от требований, предъявляемых к гражданам РФ.

Структура диссертации может изменяться, но, как правило, включает [3]: титульный лист; оглавление; текст диссертации: введение (актуальность выбранной темы, степень ее разработанности, цели и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы диссертационного исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов); основная часть (главы и параграфы или разделы и подразделы); заключение с итогами выполненного исследования, рекомендациями и перспективами дальнейшей разработки темы; список литературы; приложения.

Перечень документов, представляемых в диссертационный совет к предварительному рассмотрению диссертации. Первоначально полный текст диссертации размещается на официальном сайте организации в сети Интернет. Подтверждение размещения – в виде распечатки страницы с сайта. После размещения в сети интернет изменения и дополнения в текст диссертации не допускаются.

В случае представления диссертации в виде *научного доклада* на указанном сайте дополнительно размещается список публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации, со ссылкой, содержащей сетевой адрес (URL), используемый для прямого доступа к этим публикациям в сети Интернет, либо без размещения указанной ссылки в случае представления в диссертационный совет публикаций или их копий.

Заявление соискателя (только после размещения на сайте организации) – 1 экз.

Личный листок по учету кадров с фотокарточкой, заверенный по месту работы – 1 экз.

Заверенная копия диплома о высшем образовании с приложением к нему или копия диплома кандидата наук (для соискателя степени доктора наук) – 2 экз. Для лиц, получивших образование за рубежом, включая граждан государств СНГ, дополнительно – копия документа об эквивалентности, выданного уполномоченным федеральным органом исполнительной власти.

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов, если соискатель сдавал кандидатские экзамены до 13 июля 2014 г., или справка об обучении в аспирантуре, если соискатель сдавал кандидатские экзамены после 13 июля 2014 г. (для соискателя степени кандидата наук) – 2 экз.

Кандидатские экзамены: история и философия наук, иностранный язык, специальность. Согласно Положению о подготовке научно-педагогических и научных кадров в системе послевузовского профес-

сионального образования Российской Федерации иностранные граждане не могут выбрать в качестве иностранного русский язык.

Соискатели, представившие к защите диссертационную работу, выполненную на стыке специальностей, обязаны предоставить удостоверение о сдаче экзаменов по всем специальностям диссертационной работы.

Документы, необходимые для сдачи в диссертационный совет [4]:

Диссертация на бумажном носителе на правах рукописи в 2 экземплярах и в электронном виде. Все экземпляры диссертации на бумажном носителе должны быть подписаны соискателем на титульном листе.

Рукопись автореферата в машинописном виде на бумажном носителе, подписанная соискателем на обложке и в электронном виде. По диссертациям в виде научного доклада автореферат не печатается.

Положительное заключение организации, где выполнена диссертация или к которой был прикреплен соискатель – 2 экземпляра. В заключении отражаются личное участие соискателя ученой степени в получении результатов, изложенных в диссертации, степень достоверности результатов проведенных соискателем ученой степени исследований, их новизна и практическая значимость, ценность научных работ соискателя ученой степени, соответствие диссертации требованиям, установленным *пунктом 14* Положения, научная специальность (научные специальности) и отрасль науки, которым соответствует диссертация, полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем ученой степени.

Если соискатель выполнил диссертацию в двух организациях, то необходимо предоставить по два экземпляра положительного заключения из каждой из них. Заключение организации по диссертации является действительным в течение 3 лет со дня его утверждения. Отзыв научного руководителя для соискателей ученой степени кандидата наук или отзыв научного консультанта для соискателей ученой степени доктора наук (при его наличии), заверенный гербовой печатью – 2 экз. Заверенный список научных трудов соискателя с выделением в нем научных трудов, опубликованных в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях – 2 экз. Справка о сроке обучения в аспирантуре или о соискательстве – 2 экз. Свидетельство о заключении брака, если была изменена фамилия или свидетельство об изменении фамилии.

Порядок предварительного рассмотрения:

1. Соискатель ученой степени представляет диссертацию на бумажном носителе на правах рукописи и в электронном виде. Диссертация

ция и автореферат представляются в диссертационный совет на русском языке. Защита диссертации проводится на русском языке.

2. Диссертационный совет принимает диссертацию к предварительному рассмотрению только при наличии положительного заключения организации, где выполнялась диссертация, и документов, предусмотренных перечнем.

Диссертационный совет создает комиссию, в состав которой входят не менее 3 членов диссертационного совета, являющихся специалистами по проблемам каждой научной специальности защищаемой диссертации, для предварительного ознакомления с диссертацией. В состав комиссии по решению диссертационного совета могут включаться специалисты в соответствующей области науки, не являющиеся членами диссертационного совета (в том числе не являющиеся работниками организации, на базе которой создан диссертационный совет) [5].

Указанная комиссия представляет диссертационному совету заключение о соответствии темы и содержания диссертации научным специальностям и отраслям науки, по которым диссертационному совету предоставлено право принимать к защите диссертации, о полноте изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем ученой степени, о выполнении требований к публикации основных научных результатов диссертации.

По результатам предварительного рассмотрения диссертации с учетом заключения комиссии диссертационный совет принимает диссертацию на соискание ученой степени кандидата наук к защите в течение 2 месяцев со дня подачи соискателем ученой степени в диссертационный совет всех необходимых документов, на соискание ученой степени доктора наук – в течение 4 месяцев со дня подачи соискателем ученой степени в диссертационный совет всех необходимых документов или направляет соискателю ученой степени в указанные сроки мотивированное решение об отказе в приеме диссертации к защите.

Основанием для отказа в приеме диссертации к защите:

а) несоответствие соискателя ученой степени требованиям, необходимым для допуска его диссертации к защите;

б) несоответствие темы и содержания диссертации научным специальностям и отраслям науки, по которым диссертационному совету предоставлено право принимать к защите диссертации;

в) невыполнение требований к публикации основных научных результатов диссертации;

г) использование в диссертации заимствованного материала без ссылки на автора и (или) источник заимствования, результатов научных работ, выполненных соискателем ученой степени в соавторстве, без ссылок на соавторов;

д) представление соискателем ученой степени недостоверных сведений об опубликованных им работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации;

е) представление диссертации лицом, которому запрещается представлять к защите диссертацию в данный диссертационный совет;

ж) выявление несоответствия текста диссертации, представленного соискателем ученой степени в диссертационный совет к предварительному рассмотрению, тексту диссертации, размещенному в сети Интернет;

з) выявление недостоверных сведений в документах, представленных соискателем ученой степени в диссертационный совет для предварительного рассмотрения выполненной им диссертации.

При принятии диссертации к защите диссертационный совет назначает (с согласия): ведущую организацию, широко известную своими достижениями в соответствующей отрасли науки и способную определить научную и (или) практическую ценность диссертации; официальных оппонентов.

Ведущей организацией не могут быть организации, в которых работают соискатель ученой степени, научные руководители (научные консультанты) соискателя ученой степени, а также организации, где ведутся научно-исследовательские работы, по которым соискатель ученой степени является руководителем или работником организации-заказчика или исполнителем (соисполнителем). В отзыве отражается значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки, конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации.

Сведения о ведущей организации и ее отзыв на диссертацию размещаются на официальном сайте организации.

По диссертации на соискание ученой степени доктора наук назначаются 3 оппонента, имеющих ученую степень доктора наук либо ученую степень, полученную в иностранном государстве, признаваемую

в Российской Федерации; по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук назначаются 2 оппонента, из которых один должен быть доктором наук либо иметь ученую степень, полученную в иностранном государстве, признаваемую в Российской Федерации, а другой - доктором наук или кандидатом наук либо иметь ученую степень, полученную в иностранном государстве, признаваемую в Российской Федерации.

Оппонентами не могут быть:

- Министр науки и высшего образования Российской Федерации;
- государственные (муниципальные) служащие, выполняющие работу, которая влечет за собой конфликт интересов, способных повлиять на принимаемые решения по вопросам государственной научной аттестации;

- члены Комиссии, члены экспертных советов, члены диссертационного совета, принявшего диссертацию к защите, научные руководители (научные консультанты) соискателя ученой степени, соавторы соискателя ученой степени по опубликованным работам по теме диссертации, а также работники (в том числе работающие по совместительству) организаций, где выполнялась диссертация или работает соискатель ученой степени, его научный руководитель или научный консультант, а также где ведутся научно-исследовательские работы, по которым соискатель ученой степени является руководителем или работником организации-заказчика или исполнителем (соисполнителем).

Оппоненты оценивают актуальность избранной темы, степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизну.

Сведения об оппонентах и их отзывы на диссертацию размещаются на официальном сайте организации.

По диссертациям, принятым к защите, должен быть напечатан на правах рукописи автореферат объемом до 2 авторских листов для диссертации на соискание ученой степени доктора наук и до 1 авторского листа – для диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

В автореферате диссертации излагаются основные идеи и выводы диссертации, показываются вклад автора в проведенное исследование, степень новизны и практическая значимость приведенных результатов исследований, содержатся сведения об организации, в которой выпол-

нялась диссертация, об оппонентах и ведущей организации, о научных руководителях и научных консультантах соискателя ученой степени (при наличии), приводится список публикаций автора диссертации, в которых отражены основные научные результаты диссертации. Автореферат диссертации рассылается членам диссертационного совета, принявшего диссертацию к защите, и заинтересованным организациям. Перечень организаций, которым автореферат диссертации рассылается в обязательном порядке, определяется диссертационным советом.

При принятии к защите диссертации на соискание ученой степени доктора наук диссертационный совет не позднее чем за 3 месяца до дня защиты, а при принятии к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук – не позднее чем за 2 месяца до дня защиты размещает на официальном сайте Комиссии в сети Интернет текст объявления о защите диссертации и автореферат диссертации. Все отзывы, поступившие на диссертацию и автореферат диссертации (при наличии автореферата), размещаются на официальном сайте организации. Отзывы, поступившие в день защиты и позднее, не рассматриваются. Наличие отрицательных отзывов не является основанием в отказе защиты диссертации. Заседание диссертационного совета считается правомочным, если в его работе принимают участие не менее двух третей членов диссертационного совета, включая членов диссертационного совета, участвующих в заседании диссертационного совета в удаленном интерактивном режиме (с использованием видеоконференц-связи при условии аудиовизуального контакта с участниками заседания). Решение диссертационного совета по вопросу присуждения ученой степени доктора или кандидата наук считается положительным, если за него проголосовали не менее двух третей членов диссертационного совета, участвовавших в заседании, в том числе в удаленном интерактивном режиме. При проведении заседания диссертационного совета ведутся его стенограмма и аудиовидеозапись.

Защита диссертации публична и носит характер научной дискуссии, при этом анализу подвергаются достоверность и обоснованность всех выводов и рекомендаций научного и практического характера, содержащихся в диссертации. После окончания защиты диссертации диссертационный совет проводит тайное голосование по присуждению ученой степени. При положительном результате голосования по присуждению ученой степени в заключении диссертационного совета отражаются наиболее существенные научные результаты, полученные

лично соискателем ученой степени, оценка их достоверности и новизны, их значение для теории и практики, рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования [6].

Сведения о результатах публичной защиты диссертации в диссертационном совете размещаются на официальном сайте организации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 №842 «О Порядке присуждения учёных степеней» (вместе с «Положения о присуждении ученых степеней») (с изм. и доп.).
2. Румянцев Е.В., Мальми Н.П., Егорова Е.В. и др. Практическое руководство по подготовке и защите диссертации. – Иваново: ФГБОУ ВО «ИГХТУ», 2017. – 87 с.
3. ГОСТ Р 7.0.11-2011. Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 13.12.2011 N 811-ст).
4. Документы системы гарант [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru>. – Дата доступа: 23.03.2023.
5. Приказ Минобрнауки России от 10.11.2017 № 1093 «Об утверждении Положения о совете по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук».
6. Высшая аттестационная комиссия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vak.minobrnauki.gov.ru/main>. – Дата доступа: 23.03.2023.

УДК 628.6:631.6(470.47)

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Э. Б. Дедова, д-р с.-х. наук, профессор РАН

С. Д. Исаева, д-р техн. наук

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова»,
г. Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: водные ресурсы, районирование, мелиоративно-водохозяйственный комплекс, экосистемное водопользование, сельское хозяйство, мелиорация.

Аннотация. Приводится научно-обоснованное районирования территории недостаточного увлажнения по обеспеченности водными ресурсами с использованием принципов экосистемного водопользования. Установлены общие закономерности формирования водных ресурсов, выполнена региональная оценка возможности получения дополнительных объемов воды для использования в сельском хозяйстве, определен комплекс мероприятий по рациональному использованию, охране подземных и поверхностных вод.

Key words: water resources, zoning, land reclamation and water management complex, ecosystem water use, agriculture, land reclamation.

Annotation. The article presents a scientifically-based zoning of the territory of insufficient moisture by water resources provision using the principles of ecosystem water use. The general regularities of the formation of water resources have been established, a regional assessment of the possibility of obtaining additional volumes of water for use in agriculture has been carried out, a set of measures for the rational use and protection of underground and surface waters has been determined.

Гарантированное обеспечение населения и экономики водой требуемого качества и в необходимых объемах становится одной из приоритетных проблем государственной политики, направленной на сохранение здоровья и улучшение условий проживания россиян, развитие производственного и сельскохозяйственного потенциала страны. Обеспечение водными ресурсами осложнено неравномерным распределением поверхностных и подземных вод по территории страны. В ряде регионов ощущается дефицит воды, прежде всего, пригодной для хозяйственно-питьевого водоснабжения, не хватает водных ресурсов в засушливые годы и для орошения земель. Ситуация усугубляется в связи с текущими климатическими изменениями.

Россия остается регионом мира, где потепление климата в течение XXI в. будет, по прогнозам, существенно превышать средние глобальные показатели. Происходит постепенная аридизация климата, прежде всего, на юге Европейской части страны (рис. 1), что сделает проблему водообеспечения регионов особенно острой.

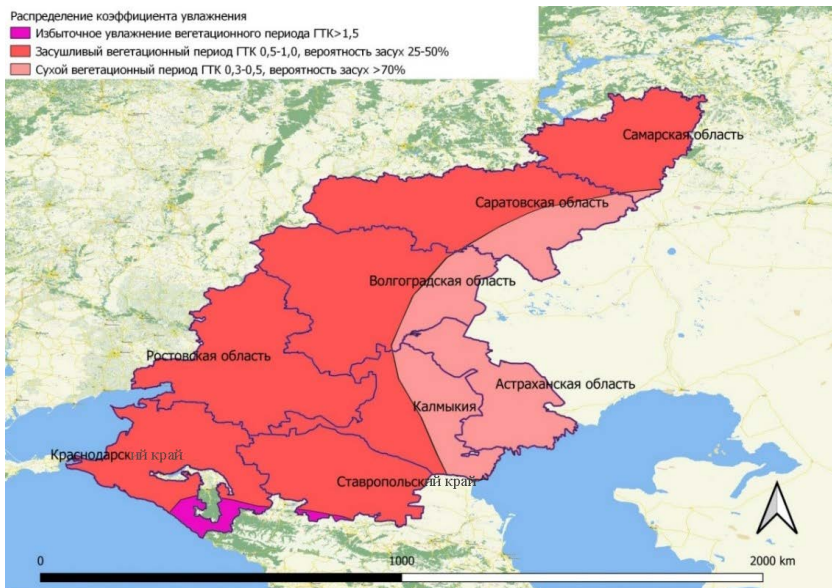


Рис. 1. Районирование территории по агроклиматическим условиям
(по Г. Т. Селянинову и С. А. Сапожниковой)

В связи с этим, разработано геоинформационное обоснование рационального водопользования в сельском хозяйстве на основе районирования зоны недостаточного увлажнения европейской части РФ по обеспеченности орошения и сельхозводоснабжения водными ресурсами.

Разработана таксономическая схема районирования, при этом работы проведены в геоинформационной среде с использованием средств дистанционного зондирования (ИСЗ LANDSAT, SPOT, SENTINEL), находящихся в открытом доступе. Выполнена векторизация картографического материала. Обработка и анализ данных космических изображений производилась посредством свободной кроссплатформенной геоинформационной системы QGIS.

Районирование зоны недостаточного увлажнения европейской части РФ по обеспеченности водными ресурсами выполнено исходя из следующих принципов [1–4]: максимальное использование существующих карт, отражающих закономерности формирования и динамики гидрологических и гидрогеологических факторов, определяющих условия водопользования; учет и отражение при районировании климатических изменений в условиях формирования водных ресурсов

для последующего определения источников дополнительного водообеспечения; допущение определенных погрешностей при переходе от мелкомасштабного к среднемасштабному районированию на границах таксономических единиц и административных районов; сохранение экологической устойчивости региона к водохозяйственной деятельности на основе охраны водных ресурсов региона от истощения.

В качестве таксонов при районировании выбраны агроклиматические зоны по Г. Т. Селянинову; артезианские бассейны второго порядка; величина среднегодовых естественных ресурсов поверхностных вод; величина восполнения подземных вод на водосборной территории; мелиоративное состояние земель и потребность в орошении; состояния ГТС. По данной таксономической схеме построены карты районирования территорий и интегральная карта использования водных ресурсов для орошения.

Природно-климатические условия территории отражены величиной гидротермического коэффициента (ГТК). В Предкавказье на юго-востоке Краснодарского края и крайнем юге Ставропольского зона избыточного увлажнения в вегетационный период с гидротермическим коэффициентом ГТК – более 1,5. Основная территория Самарской, Саратовской, Волгоградской, Ростовской областей, Краснодарского и Ставропольского края, почти половина территории Калмыкии относятся к зоне с засушливым вегетационным периодом с ГТК 0,5-1,0 и вероятностью засух 25–50 %. К зоне с сухим вегетационным периодом, ГТК 0,3-0,5 и вероятностью засух более 75 % относятся юго-восточная часть Саратовской области, Волгоградской, вся Астраханская область и большая часть Калмыкии. Артезианские бассейны, к территории которых относятся рассматриваемые субъекты Федерации, схематично показаны на рис. 2.

Климатические изменения определенным образом влияют на условия формирования подземных вод (рис. 3). Так, на значительной части рассматриваемой территории в результате повышения температурного режима в зимний период, изменения в режиме выпадающих осадков и пр. происходит увеличение питания подземных вод в зимний период и, исходя из динамики меженного стока рек, увеличение возобновляемых ресурсов подземных вод. С точки зрения формирования подземных вод, это благоприятный фактор, способствующий увеличению их запасов. Питание подземных вод, судя по величине меженного стока, возросло в Самарской области и на западе Саратовской практически в два раза, в Ростовской области, на значительной части Краснодарского и Ставропольского краев естественные ресурсы увеличились на величину от 5 до 15 % [5]. На территории Калмыкии, Астраханской области и значительной части Волгоградской существенных изменений в условиях питания подземных вод не произошло.

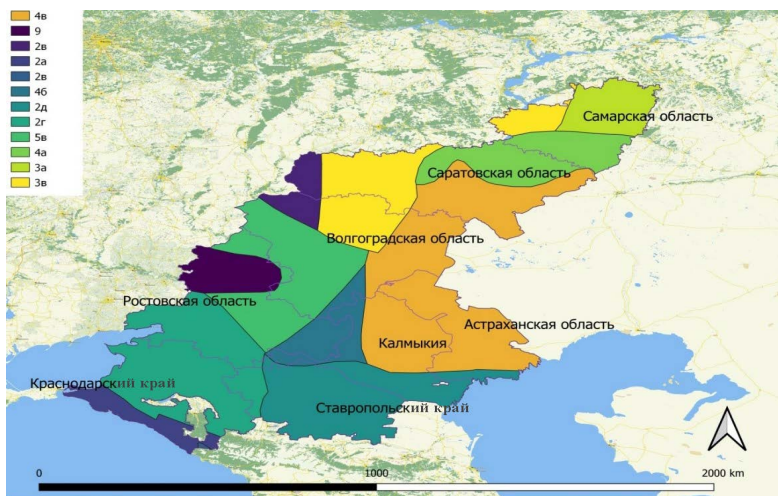


Рис. 2. Артезианские бассейны второго порядка (по карте гидрогеологического районирования СССР, ВСЕГИНГЕО)

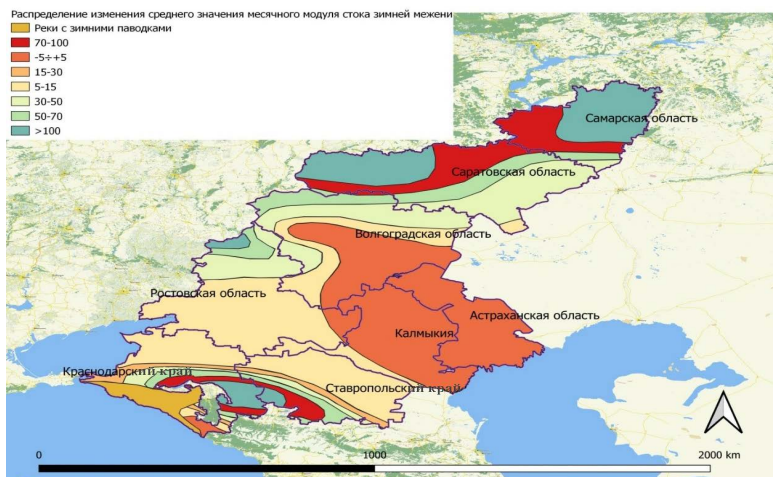


Рис. 3. Распределение величины подземного питания рек на территории юга европейской части РФ

Распределение среднегодовых поверхностных водных ресурсов претерпело значительные изменения как в положительную, так и в отрицательную стороны (рис. 4).

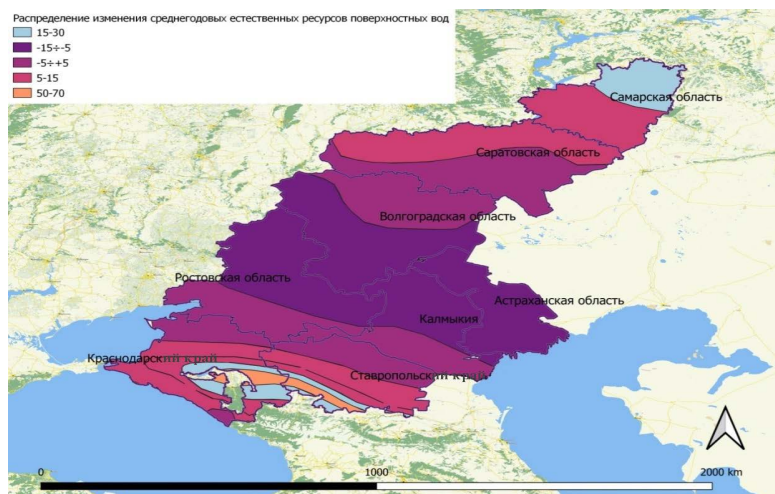


Рис. 4. Распределение среднегодовых естественных ресурсов поверхностных вод

На основной территории Ростовской, Астраханской, южной части Волгоградской областей поверхностные водные ресурсы сократились в многолетнем разрезе, начиная с 1970-х годов на 5–15 % от средне-многолетней величины.

Симметрично этой территории величина ресурсов поверхностных вод в пределах севера Волгоградской обл. и юга Саратовской на севере исследуемой территории, а на юге – в пределах южной части Ростовской области, северной части Краснодарского и Ставропольского края величина колеблется в интервале от –5 % до +5 %, т. е. особых изменений не претерпела. На севере Саратовской области, большей части Самарской – возрастает на величину до 5 %.

Разработаны цифровая и геоинформационная база данных по визуализации результатов районирования с выдачей аналитических отчетов использования поверхностных и подземных вод для орошения и сельхозводоснабжения населения. Выполненное районирование позволяет установить общие закономерности формирования водных ресурсов, оценить в региональном плане возможность (при необходимо-

сти) получения дополнительных объемов вод для использования в сельском хозяйстве, определить комплекс мероприятий по рациональному использованию, охране подземных и поверхностных вод.

Районирование территории зоны недостаточного увлажнения европейской части РФ по обеспеченности орошения и сельхозводоснабжения водными ресурсами, имеет значение для составления перспективных планов водопользования, может служить основой для детальной проработки мероприятий по повышению водообеспеченности юга европейской части РФ водными ресурсами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экосистемный мониторинг водных ресурсов и мелиоративных объектов / В. В. Бородычев, Э. Б. Дедова, М. А. Сазанов, А. А. Дедов // Российская сельскохозяйственная наука. – 2017. – № 3. – С. 56–61.
2. Безднина, С. Я. Экосистемное водопользование / С. Я. Безднина. – М.: Изд-во «Рома», 1997. – 137 с.
3. Дедова, Э. Б. Методические положения создания комплексного мониторинга водных ресурсов и мелиоративных систем Республики Калмыкия / Э. Б. Дедова [и др.], Москва, 2017. – 97 с.
4. Isaeva, S. D., Dedova E.B. Principles of ensuring geosystem environmental sustainability under man-made impacts on water resources // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – V. 867 (1). 012038
5. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2017 году». – М.: НИИ-Природа, 2018. – 298 с.

УДК 631.43

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ХЫЗИНСКОГО РАЙОНА АЗЕРБАЙДЖАНА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

А. М. Джафаров, д-р философии по аграрной науке, доцент,
зав. лабораторией физики почв

Э. М. Мамедова, д-р философии по аграрной науке, ст. науч. сотрудник

З. М. Велиева, д-р философии по аграрной науке, вед. науч. сотрудник
Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана,
г. Баку, Азербайджан

Ключевые слова: физико-химические свойства, агрофизические свойства, гранулометрический состав почвы, гумус.

Аннотация: В данной статье рассматриваются способы повышения плодородия почв. Агрофизические свойства почвы являются важнейшими условиями ее плодородия. Одним из основных вопросов совре-

менности является повышение уровня земледелия, получение высокого урожая сельскохозяйственных культур. Для этого, в первую очередь, требуется повысить плодородие почвы, правильно и эффективно использовать поливную воду и почву. Показано, что физико-химические свойства почв Хызынского района Азербайджана определяют и характеризуют их состояние. Севооборот сельскохозяйственных культур способствует повышению плодородия почв и является биологически и экономически выгодным мероприятием.

Keywords: physical and chemical properties, agrophysical properties, soil granulometric composition, humus

Summary: This article discusses ways to improve soil fertility. The agrophysical properties of the soil are the most important conditions for its fertility. One of the main issues of our time is to increase the level of agriculture, to obtain a high yield of agricultural crops. To do this, first of all, it is required to increase soil fertility, correctly and efficiently use irrigation water and soil. It is shown that the physicochemical properties of soils in the Khizi region of Azerbaijan determine and characterize their state. Crop rotation of agricultural crops helps to improve soil fertility and is a biologically and economically beneficial measure.

В данной статье нами были рассмотрены некоторые основные типы почв Хызынского района Азербайджана. Хызынский район характеризуется мягким климатом, воздух сухой. Большая часть территории района покрыта лесами. На равнинном побережье Каспия в окрестностях Шурабада расположены орошаемые животноводческие и птицеводческие низины. К западу от деревни Гилази дорога протекает через красочные полупустынные ландшафты. Примерно в 10 км к западу от города Хызы, зеленые холмы с густым лесом Алты-Агача, который является национальным парком Алтыагач.

Хызынский район – один из лесных районов Азербайджана. Около 9 931 гектар (24 540 акров), или 6 % района представлены лесами. Область отличается богатым разнообразием ландшафта и экосистем. Ниже приводим описание серо-бурых (Ярымча Алтыагач), серо-бурых (Яшма) почв и изученных разрезов [1;4].

Серо-бурые (каштановые) почвы относятся к зоне сухих субтропических степей и покрывают низкорослую и предгорную зоны Азербайджана. Большая часть этих земель расположена в предгорьях восточной и юго-восточной части Большого Кавказа, на высоте 200–600 м над уровнем моря. Климат адаптирован к климатическим условиям субтропического пояса, среднегодовая температура колеблется в пределах 12–13,2 °С, зимой не промерзает почва,

характерна мягкая зима и жаркое лето. Естественная растительность сохраняется на ограниченных участках. Рельеф поверхности в основном фрагментарный, напоминает низменные предгорья, преобладают водно-эрозионно-аккумулятивные формы рельефа. Засушливая субтропическая степная зона является одним из древнейших источников орошаемого земледелия и до сих пор интенсивно используется в условиях орошения и поливной культуры. В зависимости от условий рельефа на исследуемой территории встречаются серо-бурые почвы разного морфогенетического профиля [2; 4]. Климатические условия серо-бурых почв умеренно-теплые субтропические полупустынные. Растительность составляют эфемеры, полыни, георгины, черная смородина и др. Почвообразующие породы состоят в основном из засоленных глин и продуктов их эрозии.

Серо-бурые почвы морфологически отличаются хорошо выраженной дифференциацией генетических горизонтов. Для этих почв характерны следующие особенности: низкое содержание гумуса (около 2 %), наличие уплотненного горизонта В, резкая дифференциация карбоната кальция и гипса по генетическим горизонтам, повышенное накопление глинистых частиц в солонцовых горизонтах при относительном обеднении этими частицами поверхностного горизонта. Для этих почв характерно вымывание быстрорастворимых солей из верхней части почвы, щелочная реакция и накопление гипса на определенной глубине [3].

Структура почвенного покрова серо-бурых почв характеризуется комплексами типичных, выщелоченных и карбонатных соединений, как на склонах, так и в горных районах. Гранулометрический состав рассматриваемых почв разный, преобладают глинистые разновидности. В зависимости от условий залегания отмечается значительная сложность почвенного покрова зоны с наличием солончаковых и солонцеватых пород (табл. 1).

Таблица 1. Гранулометрический состав почв Хызинского района (мм, %)

Разрез, №	Глубина, <i>m</i>	1,0– 0,25	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	<0,001	<0,01
Серо-коричневые (каштановые) почвы, Ярымча, Алтыгач								
Р-1	0–15	1,68	3,95	14,65	5,35	24,15	50,22	70,75
	15–45	1,75	14,19	3,83	8,78	26,56	44,86	80,22
	45–65	1,58	2,90	11,90	6,83	29,11	47,65	83,63
	65–100	0,44	1,60	8,07	9,21	30,63	50,06	89,90

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Серо-бурые почвы, Яшма							
Р-11	0–10	0,06	1,60	8,70	12,70	36,37	40,55	89,65
	10–25	0,05	8,15	8,56	3,30	31,85	48,00	83,18
	25–40	0,02	–	8,36	3,42	32,06	60,45	95,93
	40–85	0,40	2,60	8,57	3,94	36,38	48,02	88,34

Таблица 2. Основные составляющие свойства почв Хызинского района

Разрез №	Глубина, см	Гигроскопическая влажность %	CaCO ₃ , %	Гумус, %	Азот, %	pH
	Серо-коричневые (каштановые) почвы, Ярымча Алтыгач					
Р-1	0–15	5,65	19,23	1,98	0,104	8,5
	15–45	4,57	21,40	1,55	0,306	8,5
	45–65	4,30	21,16	0,49	0,118	9,7
	65–100	4,65	23,68	–	–	9,5
	Серо-бурые почвы, Яшма					
Р-11	0–10	6,55	19,78	2,50	0,16	7,8
	10–25	8,52	19,67	1,45	0,13	8,7
	25–40	8,50	20,60	0,53	0,05	8,9
	40–85	9,06	18,95	0,05	–	9,0
	Серо-бурые почвы, Гилази					
Р-2	0–25	6,15	21,98	0,99	0,10	8,2
	25–40	6,95	21,77	0,94	0,09	8,3
	40–55	6,15	22,43	0,32	0,06	8,2
	55–95	8,15	23,28	0,07	0,04	8,4

Климатические условия серо-бурых почв умеренно-теплые субтропические полупустынные. Растительность составляют эфемеры, полыни, георгины, черная смородина и др. Почвообразующие породы состоят в основном из засоленных глин и продуктов их эрозии.

Нами был проведен сравнительный анализ серо-коричневых (каштановых) почв Хызинского района в селах Ярымча, Алтыгач, серо-бурых почв сел Яшма и Гилази. Установлено, что эти почвы относятся к малогумусным. В селе Яшма количество гумуса больше всего в серо-бурых почвах, его содержание в верхнем (0–10 см) слое составляет 2,5 % и постепенно снижается до 0,05 % в глубину (табл. 2). Существует определенная закономерность в количестве CaCO₃. Таким образом, практически во всех исследованных образцах содержание CaCO₃ увеличивалось с глубиной. Наибольшее количество находится на глубине 65–100 см и составляет 23,68 %. В отличие от CaCO₃ содержание

азота значительно уменьшается с глубиной и колеблется в пределах 0,3–0,04 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современный почвенный покров Большого Кавказа / М. П. Боровая [и др.]. – Баку, 2017. – 345 с.
2. Бабаева, М. П. Теоретические основы современной классификации и номенклатуры почв Azerbaijan / М. П. Бабаева, В. Х. Гасанов, Ч. М. Джафарова. – Баку, 2001. – 319 с.
3. Динамика некоторых свойств почв при хлопково-люцерновом севообороте / Ч. Г. Гюлялыев [и др.]. – 2022. – 5 т.
4. Салаев, М. Е. Диагностика и классификация почв Azerbaijan / М. Е. Салаев. – Баку: Вяз, 1996. – 238 с.

УДК 631.1

СНИЖЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ: ПРИЧИНЫ И МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Л. Г. Долматова, канд. экон. наук, доцент

Э. Н. Степанова, магистрант

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт
им. А. К. Кортунова ФГБОУ ВО «Донской ГАУ»,
г. Новочеркасск, Российская Федерация

Ключевые слова: восстановление, улучшение земель, плодородие, процессы деградации, земледелие, окружающая среда.

Аннотация: Сохранение плодородия почв является одной из самых важных проблем в современном мире. В статье определены причины снижения плодородия почвы, а также методы восстановления, сохранения и повышения ее плодородия. Рассмотрены группы факторов, определяющих плодородие почвы.

Keywords: restoration, land improvement, fertility, degradation processes, agriculture, environment.

Summary: The preservation of soil fertility is one of the most important problems in the modern world. The article discusses the reasons for the decrease in soil fertility, as well as methods for restoring, preserving and increasing its fertility.

Проблема сохранения плодородия и повышения качества почв сегодня является одной из самых главных проблем земледелия. Почва – природный объект, формирующийся в результате преобразования поверхностных слоев суши Земли при совместном воздействии факторов

почвообразования. Она состоит из почвенных горизонтов, образующих почвенный профиль, и характеризуется плодородием. Состояние почвенного покрова сельскохозяйственных земель является источником, обеспечивающим стабильное развитие общества.

Общемировое значение и стоимость почвенных ресурсов возрастают. Россия имеет максимальную площадь почвенного покрова – примерно 14,5 млн км². В сельском хозяйстве используются всего 13,4 % от общей площади. Около 80 % почвенного покрова приходится на территории, исключая или сильно затрудняющие земледельческое освоение. Почвы как уникальное национальное богатство и стратегический ресурс – недооценены. Объем применяемых агрохимических средств недостаточен для воспроизводства плодородия.

В настоящее время главным источником полноценной еды для людей являются сельскохозяйственные продукты, производство которых основано на плодородии почвы. Его определяет такой компонент, как гумус – основное органическое вещество почвы, содержащее питательные вещества, необходимые высшим растениям. Гумус составляет 85–90 % органического вещества почвы и является важным критерием при оценке ее плодородия.

Вопросами деградации и восстановления плодородия почв занимались в свое время такие ученые, как И. А. Стебут, М. В. Ломоносов, В. В. Докучаев, К. А. Тимирязев и многие другие [1]. Прогрессирующая деградация плодородных почв побуждает специалистов разного уровня к срочному решению данной актуальной проблемы.

Для почв, как и для многих других компонентов окружающей среды, пока не установлены нормативы качества. Постановление Правительства РФ от 13.02.2019 № 149 «О разработке, установлении и пересмотре нормативов качества окружающей среды для химических и физических показателей состояния окружающей среды, а также об утверждении нормативных документов в области охраны окружающей среды, устанавливающих технологические показатели наилучших доступных технологий» содержит следующие положения:

- нормативы качества устанавливаются для оценки состояния окружающей среды в целях обеспечения благоприятных условий жизнедеятельности человека, рационального использования природных ресурсов, сохранения естественных экологических систем, генетического фонда растений, животных и других организмов (п. 2);

- нормативы качества разрабатываются и устанавливаются для отдельных компонентов природной среды, в том числе почв (земель) (п. 4) [2].

«Почва» и «земля» — разные компоненты окружающей среды, но в тексте документа они тождественны. Растет правовая неопределенность. Практически во всех регионах страны сохраняется тенденция к ухудшению состояния земель и почв. Деградация земель и почв отнесена к глобальным и внутренним вызовам, а сами понятия разделены. Деградация орошаемых земель, вызванная в большей степени нерациональным использованием воды, проявляется в основном в их засолении и заболачивании.

Сохранение экологических функций почвенного покрова — непременное условие устойчивого развития и существования биосферы Земли. Его состояние на планете определяет степень и время наступления экологических рисков, а также рисков и угроз обеспечения продовольственной безопасности. Почва — основа продовольственных систем всех уровней: от глобального до местного. Основными причинами понижения плодородия почвы являются факторы, представленные на рис. 1.



Рис. 1. Основные причины понижения плодородия почвы

Для устранения обозначенных причин необходимо совершенствовать технологии рационального землеустройства, землепользования и охраны земель, создавать эффективные организационно-правовые механизмы управления сельскохозяйственными землями.

В XXI веке существует множество негативных факторов, приводящих к снижению естественного плодородия почвы. Остановить ухудшение качества почвы и добиться достойных урожаев можно только в случае выполнения комплекса агротехнических научно обоснованных и объединенных в гармоничную систему мероприятий. Именно поэтому органическому земледелию, подразумевающему применение современных биотехнологий и отказ от химикатов, уделяется достаточно большое внимание в мире.

В наше время распространены почвозащитные технологии возделывания сельскохозяйственных культур, которые включают современные технологии обработки почвы, севообороты, приемы рационального использования органических и минеральных удобрений одновременно с применением высокопродуктивных сортов и гибридов (рис. 2) [3].



Рис. 2. Воспроизводство почвенного плодородия

Воспроизводство почвенного плодородия является объективной закономерностью почвообразования [4]. При развитии природного процесса почвообразования воспроизводство плодородия определяется развитием конкретных почвообразовательных процессов или их сочетанием (таблица).

Группы факторов, определяющих плодородие почвы

Группы	Факторы
Комплекс физических свойств	Гранулометрический состав, плотность, пористость, водно-физические свойства
Комплекс химических свойств	Гумусовый состав, минерально-химический состав, количество подвижных форм макро- и микроэлементов, наличие токсических веществ, отсутствие избытка легкорастворимых солей
Комплекс физико-химических свойств	Реакция, емкость поглощения, сумма и состав обменных катионов, степень насыщенности почв основаниями, окислительно-восстановительный потенциал
Комплекс биологических свойств	Количество микроорганизмов, преобладающие бактерии, интенсивность разложения целлюлозы, ферментативная активность, «дыхание» почвы, фитосанитарное состояние
Комплекс режимов почв	Благоприятные водно-воздушный, питательный, тепловой режимы

Таким образом, можно сделать вывод о том, что вопрос плодородия почвы в настоящее время действительно является очень значимым. Необходимо искать новые пути расширенного воспроизводства почв, а также использовать уже имеющиеся эффективные рекомендации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Плодородие почвы: настоящее и будущее нашего земледелия / Н. А. Зеленский, Г. М. Зеленская, Г. В. Мокриков, А. Ю. Шуркин // Земледелие. – 2018. – № 5. – С. 4–7.
2. Хомяков, Д. М. Почва – незаменимый компонент биосферы и глобальной продовольственной системы (критическая оценка ситуации) / Д. М. Хомяков // Вестник Московского университета. Сер. 17: Почвоведение. – 2020. – № 4. – С. 3–16.
3. Долматова, Л. Г. Основные способы улучшения земель сельскохозяйственного назначения в современных условиях / Л. Г. Долматова, Д. П. Сердюков // Основные принципы развития землеустройства и кадастров : материалы XIX Всероссийской научно-практической конференции, Новочеркасск, 27–29 апреля 2022 года. Вып. 19. – Новочеркасск: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет», 2022. – С. 8–13.
4. Ткаченко, И. В. Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур на современном этапе / И. В. Ткаченко, Э. Н. Степанова, И. В. Лесников // Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения), посвящённой 120-летию со дня рождения учёного в области гидравлики Скибы Михаила Матвеевича, Новочеркасск, 1–3 нояб. 2022 г. / Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова. Том Выпуск 20. – Новочеркасск: Лик, 2022. – С. 385–391.

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРОШЕНИЯ
СЫРЬЕВОГО КОНВЕЙЕРА ИЗ РАЗНОСПЕЛЫХ СОРТОВ
КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ
ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Д. А. Дрозд, канд. с.-х. наук, ассистент
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Ю. В. Алехина, канд. с.-х. наук, доцент
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Н. М. Щуренко, ассистент
ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический
университет им. академика Д. Н. Прянишникова»,
г. Пермь, Российская Федерация

Ключевые слова: клевер луговой, сырьевой конвейер, орошение, энергетическая эффективность

Аннотация: Данная статья посвящена оценке энергетической эффективности орошения сырьевого конвейера из разноспелых сортов клевера лугового. Нами установлено, что величина агроэнергетического коэффициента при возделывании сырьевого конвейера из разноспелых сортов клевера лугового варьирует от 13,34 в варианте 0,8НВ до 15,55 в контрольном варианте опыта.

Key words: red clover, raw material conveyor, irrigation, energy efficiency.

Annotation: This article is devoted to the assessment of the energy efficiency of irrigation of a raw material conveyor from multi-ripe varieties of red clover. We have found that the value of the agroenergy coefficient when cultivating a raw conveyor from multi-ripe varieties of red clover varies from 13,34 in the 0,8НВ variant to 15,55 in the control variant of the experiment.

В соответствии с Государственной программой «Аграрный бизнес» на 2021–2025 гг. перед агропромышленным комплексом Республики Беларусь поставлен следующий ряд задач [1]:

- обеспечить посев простых и сложных травосмесей с включением бобовых трав на площади не менее 900 тыс. га;
- повысить плодородие пахотных земель, а также продуктивность кормовых угодий;
- обеспечить крупный рогатый скот качественным и высокопитательным кормом.

Решить поставленные задачи можно за счет возделывания многолетних бобовых трав. По данным реестра сортов в Республике Беларусь возделывается свыше 8 видов многолетних бобовых трав, среди которых особое место занимает клевер луговой. Данная культура произрастает практически в любых почвенно-климатических условиях, остро реагируя на недостаток тепла и нарушение водно-воздушного режима почвы [2].

В ранее проведенных исследованиях отмечалось, что орошение клевера лугового способствует повышению его урожайности и кормовых качеств [3, 4]. В связи с чем возникает вопрос об энергетической эффективности возделывания разноспелых сортов клевера лугового в условиях орошения.

Исследования по изучению энергетической эффективности орошения разноспелых сортов клевера лугового в составе сырьевого конвейера проводились на дернового-подзолистых легкосуглинистых почвах учебно-опытного поля БГСХА «Тушково-1». При этом почвы опытного участка в зависимости от года исследований характеризовались следующими агрохимическими и водно-физическими показателями: гумус – 1,48–1,66 %, P_2O_5 – 203,0–320,0 мг/кг, K_2O – 251,0–423,0 мг/кг, pH – 5,70–5,80, плотность сложения слоя 0–30 см – 1,38–1,39 г/см³, наименьшая влагоемкость слоя 0–30 см – 22,63–23,82 % от массы сухой почвы.

Объектом исследований служил сырьевой конвейер, состоящий из среднераннего сорта клевера лугового Янтарный, среднеспелого сорта Витебчанин и позднеспелого сорта Мерей. Норма высева семян для всех сортов клевера лугового принята равной 8 кг/га, при 100% посевной годности. Глубина заделки семян 1,5 см, ширина междурядий 15 см. Минеральные удобрения вносились перед посевом и в начале весеннего отрастания в дозе $P_{60}K_{90}$ [5].

Закладка полевых опытов выполнялась по следующей схеме:

1. Без орошения (Контроль);
2. Орошение при снижении предполивной влажности до уровня 70 % от величины наименьшей влагоемкости (0,7НВ);

3. Орошение при снижении предполивной влажности до уровня 80 % от величины наименьшей влагоемкости (0,8НВ).

Орошение осуществлялось методом дождевания дождевальной установкой Irriland Raptor. Поливные нормы приняты равными 20 мм и 30 мм для вариантов 0,8НВ и 0,7НВ соответственно.

Оценка энергетической эффективности возделывания разноспелых сортов клевера в системе сырьевого конвейера выполняется в следующей последовательности [6]:

- составляется технологическая карта, в которой отражается порядок выполнения мероприятий по возделыванию разноспелых сортов клевера лугового и затраты энергии рабочих, машин и механизмов на их выполнение;

- определяются затраты на посевной материал, гербициды и пестициды, а также на все применяемые формы удобрений.

Оценка эффективности возделывания сельскохозяйственной культуры или технологии осуществляется на основании агроэнергетического коэффициента, который отражает отношение выхода обменной энергии к затратам энергии на возделывание разноспелых сортов клевера лугового. Если величина агроэнергетического коэффициента не превышает единицу, то данная технология возделывания считается энергетически неэффективной.

В результате расчетов нами установлено, что орошение разноспелых сортов клевера лугового приводит к возрастанию затрат энергии с 8,42 ГДж/га отмеченных в варианте без орошения, до 12,26 ГДж/га в варианте с нижней предполивной границей 80 % НВ и 13,86 ГДж/га в варианте 0,7НВ (таблица).

**Энергетическая эффективность орошения сырьевого конвейера
из разноспелых сортов клевера лугового**

Показатель	Вариант опыта		
	Контроль	0,7НВ	0,8НВ
Урожайность сухого вещества, т/га	14,15	20,78	17,60
Выход обменной энергии, ГДж/га	130,69	192,26	163,54
Затраты энергии, ГДж/га	8,42	13,86	12,26
Удельные затраты энергии, МДж на 1 ГДж/га ОЭ	65	72	75
АК (по обменной энергии)	15,55	13,88	13,34

Повышенные затраты энергии по сравнению с контрольным вариантом опыта объясняются не только возросшими затратами на заготовку кормов из разноспелых сортов клевера лугового,

но и высокой металлоёмкостью и низкой производительностью применяемой дождевальной техники.

Следует отметить, что независимо от условий увлажнения все варианты опыта являются энергетически эффективными. Однако, наибольшей энергетической эффективностью характеризуется сырьевой конвейер, состоящий из разноспелых сортов клевера лугового произрастающий в естественных условиях ($AK = 15,55$). Возделывание клевера лугового в составе сырьевого конвейера в условиях орошения является менее энергетически выгодным, так как AK варьирует от 13,34 в варианте 0,8НВ до 13,88 в варианте 0,7НВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 1 февраля 2021 г., № 59 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021
2. Государственный реестр сортов / Гос. инспекция по испытанию сортов и охране раст.; сост.: В. А. Бейня [и др.]. – Минск, 2020. – 270 с.
3. Дрозд, Д. А. Организация сырьевого конвейера из различных по скороспелости сортов клевера лугового / Д. А. Дрозд // Мелиорация. – 2020 – № 1 (91). – С. 71–77.
4. Алехина, Ю. В. Формирование урожая клевера лугового при орошении / Ю. В. Алехина, Д. А. Дрозд // Эффективное использование мелиорированных земель: проблемы и решения: материалы Междунар. науч.-практ. конф. ФГБНУ ВНИИМЗ, Тверь, 28 сент. 2018 г. / Твер. гос. ун-т. – Тверь, 2018. – С. 115–118.
5. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. – Горки: БГСХА, 2016. – 390 с.
6. Кутузова, А. А. Методика оценки потоков энергии в луговых агроэкосистемах : метод. указ. / А. А. Кутузова, Л. С. Трофимова, Е. Е. Проворная. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Угрешская типография, 2015. – 32 с.

УДК 631.311.5

УСТРОЙСТВО ДРЕНАЖА В ПЕСЧАНЫХ ГРУНТАХ БЕЗ ЗАЩИТНО-ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

В. И. Желязко, д-р с.-х. наук, профессор

А. С. Жалгаскужиева, студентка

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: осушение земель, закрытый дренаж, песчаный грунт, фильтрующий материал, защита от заиления.

Аннотация: В статье излагаются результаты проведенных раскопок отдельных дренажей на объекте «Восход» Горецкого района. В извлеченных дренажных трубках диаметром 50 мм обнаружены только следы наилка, покрывающего стенки труб до 2/3 диаметра дренажа. Отсюда следует, что фильтр из стеклохолста на стыках между трубами препятствует проникновению частиц песка в полость дренажа.

Keywords: land drainage, closed drainage, sandy soil, filter material, protection from siltation.

Summary: The article presents the results of the conducted excavation of individual drains at the Voskhod facility in the Goretzky district. In the extracted drainage pipes with a diameter of 50 mm, only traces of a coating covering the walls of pipes up to 2/3 of the drain diameter were found. It follows from this that the filter made of fiberglass at the joints between the pipes prevents the penetration of sand particles into the drain cavity.

Введение. В песках при движении грунтовых вод к водоприемным отверстиям дренажных труб может наступить одна из фаз деформации грунта, которая называется сводообразованием. Сводообразование представляет собой естественную сортировку частиц грунта над водоприемными отверстиями. Естественно, водоприемная поверхность в этом случае уменьшается. При дальнейшем движении воды другие частицы грунта могут заклинить в порах между двумя первыми частицами, но уже меньшего размера. То есть при такой фильтрации и распределении частиц возле водоприемного отверстия образуется естественный обратный фильтр, улучшающий действие дренажа. При этом мельчайшие частицы транспортируются водой и производят самоочистку труб от отложения в них твердых частиц.

Как отмечают авторы работ [1, 2, 3], наиболее устойчивыми являются своды, состоящие из двух частиц одинакового размера. Установлено, что устойчивое сводообразование на контакте с водоприемными круглыми отверстиями в стенках труб происходит при соблюдении следующих условий [4]:

$$D_o/d_{св} \leq 2,7 \text{ или } d_{св} \geq 0,36 D_{od}, \quad (1)$$

где D_{od} – диаметр круглого отверстия в дренажных трубах, мм;

$d_{св}$ – диаметр сводообразующих частиц, мм.

Однако наличие в грунте сводообразующих частиц не исключает опасности механического заиливания дренажей. В процессе сводообразования решающее значение имеет процентное содержание в грунте сводообразующих частиц. При достаточном их количестве над отверстиями

в трубах за короткий период образуются фильтры-своды, препятствующие дальнейшему проникновению частиц скелета грунта в дрены. Если же процентное содержание сводообразующих частиц невелико, то за период сводообразования трубы могут существенно заилиться. По мнению Е. Г. Сапожникова [4], опасность возникновения заилиения дрен зернами окружающего грунта в его составе должно быть не менее 40 % сводообразующих частиц. Для труб с круглыми входными отверстиями это выражается зависимостью (1).

Другими словами, если 60%-ный диаметр защищаемого грунта больше 0,36 диаметра перфорации D_{od} , то дренаж в этом грунте по условию заиляемости можно укладывать без фильтра.

Цель работы – установить возможность устройства дренажа в песчаных грунтах без дополнительного фильтра.

Материалы и методы исследований. Основным методом исследований являются теоретические исследования и экспериментальная проверка выдвинутых гипотез путем выполнения раскопок дренажа.

Результаты исследования и их обсуждение. По изложенным выше теоретическим рассуждениям установим, возможно ли было укладывать керамические трубы без применения фильтров. Для расчетов используем график гранулометрического состава грунта [1], а также выражение (1). Для устройства дренажа предусмотрены трубы диаметром 50 мм со стыковыми отверстиями $D \leq 3$ мм. По формуле (1) устанавливаем, будет ли происходить устойчивое сводообразование при таких отверстиях, т. е. определим, каким должен быть размер сводообразующих частиц, или

$$d_{cb} = 0,36 \times 3 = 1,08 \text{ мм.}$$

Ранее установлено, что $d_{60} = 0,15$ мм. Следовательно $d_{cb} < 0,36D_o$, $0,15 < 1,08$ мм.

Это свидетельствует о том, что в песчаном грунте отсутствуют сводообразующие частицы и укладывать дренажные трубы без защиты недопустимо (поэтому стыки труб покрывались фильтром).

Проверим, будет ли происходить кольматаж грунта, расположенного над водоприемными отверстиями. Для этого используем зависимость:

$$\xi = 2 + \frac{D_{od}}{5d_{60}}, \quad (2)$$

где D_{od} – диаметр круглого отверстия в дренажных трубах, мм;

$(D_{od} = 3 \text{ мм});$

d_{60} – диаметр частиц, меньше которого содержится в грунте, мм

$$\xi = 2 + \frac{3}{5 \times 0,15} = 6.$$

Чтобы избежать кольматажа, значение ξ должно быть меньше 5 единиц. В нашем случае условие не выполняется, так как $\xi = 6 < 5$.

При работе дренажа может возникнуть кольматаж пор грунта, окружающего трубы. В работе [2] отмечается, что все без исключения несвязные грунты мелиоративных объектов Беларуси в той или иной степени являются суффозионными. Иначе говоря, имеется опасность перемещения частиц и кольматации грунта. Этот физический процесс существенно снижает водоприемную способность дрен.

При отсутствии фильтров или некачественном выполнении защитных мероприятий в дренажные трубы в начальный период их работы может проникать достаточно большое количество наносов. Состав их практически не будет отличаться от состава грунта придренной зоны. Если уклоны дренажных линий и модули стока не обеспечивают скоростей движения воды в трубах больше критических на размыв, то очистка дрен от наносов происходить не будет и в перспективе потребуется их промывка. Скорость движения воды в трубе зависит от расхода, степени заполнения полости, уклона линии и других факторов. С другой стороны, на эту скорость влияют также размеры частиц, которые откладываются в полости и не всегда вода при своем движении выносит эти частицы из полости трубы.

Поэтому определим размывающую скорость по формуле К. Ф. Алеханда. Расчетная крупность зерен частиц в нашем грунте не превышает 0,25 мм. В этом случае формула имеет вид

$$V_{кр} = \frac{0,208d^{0,05}}{0,68\left(\frac{B}{\epsilon}\right)^2 - \frac{B}{\epsilon} + 1}, \quad (3)$$

где B – внутренний диаметр труб, м;

ϵ – высота, заполнения труб, м;

d – диаметр зерен песка, м;

Ранее нами установлено, что средний диаметр частиц зерен песка равен $d = 0,15 \text{ мм} = 0,00015 \text{ м}$. По данным А. И. Мурашко, средняя величина заполнения труб водой весной $\epsilon = 3/4 \times B = 3/4 \times 0,063 = 0,047 \text{ м}$.

Подставив принятые значения в формулу (3) находим критическую размывающую скорость:

$$V_{\text{кр}} = \frac{0,208 \times 0,00015^{0,05}}{0,68 \left(\frac{0,047}{0,063} \right)^2 - \frac{0,047}{0,063} + 1} = 6,6 \text{ м/с}$$

Сравним полученную скорость с допустимой для принятых условий. Для этого используем данные работы [5]. Из которых следует, что критическая скорость равна 6,43 м/с. Это практически совпадает с полученной нами (6,6 м/с) по формуле (3).

На объекте дрены уложены со средним уклоном 0,003. Определим скорость движения воды в дрене при модуле дренажного стока 0,6 л/с га.

$$V = C \sqrt{Ri} \quad (4)$$

где C – скоростной коэффициент Шези, в данном случае $C = 42$;

R – гидравлический радиус, м для круглых пластмассовых труб

$R = 0,063/4$;

i – уклон дна дрена.

$$V = 42 \sqrt{\frac{0,063}{4} * 0,003} = 0,93 \text{ м/с.}$$

Результаты расчетов показывают, что отложившиеся частицы песка в полости труб не будут выноситься водным потоком, так как $V_{\text{кр}}$ по формуле (3) значительно превышает скорость воды в дрене V , т. е. $6,6 > 0,93$ м/с. Следовательно, этот показатель также свидетельствует о необходимости дополнительной защиты дрена от заиливания. Действительно, по сведениям Института мелиорации, с применением фильтров на трубах, уложенных в песках, заиливание полости труб этим материалом практически не наблюдалось [4–7].

Заключение. Проведенные раскопки отдельных дрена на объекте «Восход» Горьковского района подтвердили этот вывод. В извлеченных в шурфе керамических трубах диаметром 50 мм обнаружены только следы наилка, покрывающего стенки труб до 2/3 диаметра дрена. Отсюда следует, что фильтр из стеклохолста на стыках между трубами препятствует проникновению частиц песка в полость водотока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов, Г. И. Мелиоративная система для почв с холмистым рельефом. А.С. СССР №114782, 1982. Оpubл. Бюл. № 42, 1989.
2. Мурашко, А.И. Защита дренажа от заиливания / А. И. Мурашко, Е. Г. Сапожников. – Мн.: Ураджай, 1979. – 215 с.
3. Абрамов, С.К. Подъемные дренажи в промышленном и городском строительстве / С. К. Абрамов. – М., 197. – 217 с.
4. Оценка водоприемной способности дренажных труб при использовании современных защитно-фильтрующих материалов / А. И. Митрахович [и др.] // Мелиорация. – № 1. – 2013. – С. 57–67.
5. ТКП 45-3.04-8-2005(02250). Мелиоративные системы и сооружения. – Мн., 2006. – 105 с.
6. Эксплуатация и реконструкция гидромелиоративных систем / В. В. Васильев, П. К. Равовой, С. В. Набзоров, И. А. Левшунов. – Минск : Государственное учреждение образования «Республиканский институт высшей школы», 2021. – 528 с.
7. Сельскохозяйственные мелиорации. Практикум: учеб.-метод. пособие / В. И. Желязко [и др.]. – Горки: БГСХА, 2022. – 164 с.

УДК 631.674.6

ВЛИЯНИЕ ПОЛИВНОЙ НОРМЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ КОНТУРА УВЛАЖНЕНИЯ

В. И. Желязко, д-р с.-х. наук, профессор

Д. А. Захарчук, магистрантка

мелиоративно-строительного факультета

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова. Капельное орошение, поливная норма, контур увлажнения, влажность почвы.

Аннотация. Особенности распределения влаги в почве при капельном орошении определяются локальным способом подачи воды на орошаемый участок. Анализ результатов опытов, аналитической и графической обработки экспериментального материала позволяют утверждать, что подача поливной воды, обеспечивает насыщение расчетного горизонта до наименьшей влагоемкости на опытном участке.

Keywords: Drip irrigation, irrigation rate, moisture contour, soil moisture.

Summary: The features of the distribution of moisture in the soil during drip irrigation are determined by the local method of water supply to the irrigated area. Analysis of the results of experiments, analytical and graphical processing of experimental material allow us to assert that the supply of irrigation water ensures saturation of the calculated horizon to the lowest moisture capacity at the experimental site.

Введение. Капельный полив был разработан как радикальное средство повышения урожайности в условиях дефицита воды и приобрел популярность во всех климатических зонах. Он обеспечивает идеальный полив любых растений, и в промышленной или фермерской теплице, и культуры открытого грунта, а также на приусадебном участке, даче или в огороде. Автоматический полив при помощи систем капельного орошения наиболее экономичен и эффективен для овощеводства, садоводства, виноградарства, цветоводства и прочего растениеводства, где применяется линейная схема посадки.

Использование капельного орошения позволяет снизить оросительные нормы более чем на 50 % по сравнению с традиционными способами, вносить удобрения для получения максимальных урожаев запланированного качества. Его возможно применять при повышенной минерализации воды, на полях неправильной формы, при наличии малodeбитных источников водоснабжения и использовании местного стока [1].

Сельскохозяйственные культуры предъявляют различные требования к зонам и характеру распределения влаги при капельном орошении. Наряду с этим, необходимо учитывать, что рост и распространение корневой системы растений существенным образом зависит от параметров зоны увлажнения. Доказано, что большая часть корней, наиболее активно функционирующая их часть, располагается в зоне оптимального увлажнения, что дает возможность управлять ростом корневой системы растений. Однако такая возможность вкуче с преимуществами требует определенного уровня накопленных и систематизированных знаний, которые позволят увязать биологию культуры, природные особенности региона и параметры формирования зон увлажнения, позволяющих с наибольшей полнотой реализовать генетический потенциал продуктивности растений [2].

Следует учитывать, что локальный характер увлажнения почвы при капельном орошении обуславливает высокие требования к установлению количественных закономерностей формирования зон увлажнения при разных типах почв, в зависимости от их гранулометрического состава, содержания органического вещества и исходной влажности [3].

Цель работы. На основании лабораторно-полевых опытов изучить распределение влаги в почвенном профиле при капельном поливе.

Материалы и методика исследований. Материалами для исследования послужили сборники научных трудов, учебные пособия и периодическая литература. Изучение выполнено методом наблюдений за динамикой влагозапасов, выполняемых по стандартным методикам. Полевые исследования и наблюдения выполнены на УОК «Тушково-1».

Результаты исследования и их обсуждение. Критерием выполнения заданных схемой опыта условий являлась влажность почвы в активном горизонте, которая должна, в среднем, соответствовать наименьшей влагоемкости. В связи с тем, что контур увлажнения формируется неравномерно, важно выбрать зону замера влажности почвы.

В опыте в качестве такой зоны выбрана осевая линия полосы увлажнения, соответствующая месту расположения поливных трубопроводов. Дополнительное измерение влажности почвы на расстоянии от места расположения поливного трубопровода и расчет средней влажности всего контура увлажнения усложняет процедуру эксперимента и не имеет практического преимущества.

Запасы почвенной влаги определяли расчетным методом, исходя из плотности сложения и полевой влажности почвы. В графическом виде результаты экспериментов представлены на рис. 1. Для построения приведенных графиков, влажность почвы в весовых единицах, определенная отношением содержащейся в почве влаги к массе высушенной почвы, переводилась в относительные единицы путем деления на основную водную характеристику почвы – величину наименьшей влагоемкости. Причем значения наименьшей влагоемкости брались дифференцированно, для почвы разных горизонтов, через 0,1 м, и к ним относили значения фактической влажности почвы с той же глубины. Это позволило получить объективную картину распределения влаги в почве в сформированном вторичном контуре увлажнения.

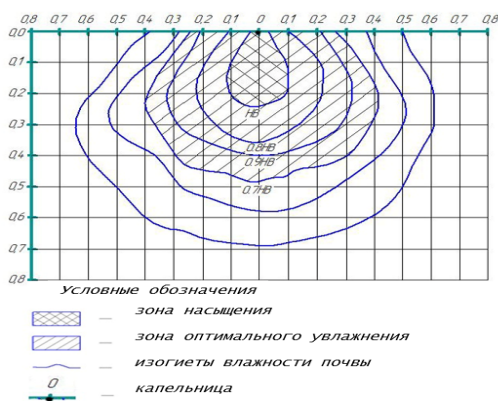


Рис. 1. Распределение влажности почвы при капельном орошении поливной нормой $150 \text{ м}^3/\text{га}$

На участках, где полив проводили с поливной нормой $150 \text{ м}^3/\text{га}$ в расчете на увлажнение 0,5-метрового слоя почвы, влага распределялась следующим образом: зона равная наименьшей влагоемкости ограничивалось вертикально слоем 0,25 м и диаметром 0,2–0,25 м. Далее мощностью 0,15 м находился горизонт с запасами влаги, соответствующими 95 % НВ. В слое почвы глубиной до 0,5 м влажность не опускалась ниже 75 % НВ (рис. 1).

С увеличением расстояния от оси увлажнителя (капельницы) мощность горизонта промачивания почвы и влагосодержание увлажненных участков снижалось в сравнении с основной зоной контроля влажности. Наибольший диаметр пятна увлажнения за сутки, достигается за счет увеличения поливной нормы.

Результаты вычисления площадей зоны насыщения и оптимального увлажнения почвенного профиля сводим в таблице.

Площадь влажности почвенного профиля по границам контура увлажнения, м^2

Поливная норма, $\text{м}^3/\text{га}$	Площадь зоны насыщения $\omega_{\text{нас}}, \text{м}^2$	Площадь зоны оптимального увлажнения $\omega_{\text{опт}}, \text{м}^2$
150	0,039	0,512
250	0,073	0,812
350	0,127	1,020

По результатам данных, приведенных в таблице, видно, что величина поливной нормы при капельном орошении оказывает влияние на размеры контура увлажнения – с увеличением нормы полива размеры контура увлажнения возрастают при поливной норме $150 \text{ м}^3/\text{га}$ размер оптимальной увлажненной зоны составляет $0,512 \text{ м}^2$, а при увеличении до $350 \text{ м}^3/\text{га}$ зона оптимального увлажнения возрастает до $1,02 \text{ м}^2$.

Заключение. Особенности распределения влаги в почве при капельном орошении определяются локальным способом подачи воды на орошаемый участок. Вода при капельном орошении подается точно и распределяется в последующем в вертикальной и горизонтальной плоскостях под действием сил, зависящих от типа и состава почвы, начального уровня содержания влаги, интенсивности поступления воды из источника и других факторов [4, 5]. Кроме того, накопленный опыт возделывания сельскохозяйственных культур при капельном орошении сегодня уже не оставляет сомнений в необходимости учета функции отбора влаги корнями растений.

Анализ результатов опытов, аналитической и графической обработки экспериментального материала позволяют утверждать, что подача поливной воды, обеспечивает насыщение расчетного горизонта до наименьшей влагоемкости на опытном участке.

ЛИТЕРАТУРА

1. С н и п и ч, Ю. Ф. Техника и технология орошения в современных условиях земледелия / Ю. Ф. Снипич // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 6. – С. 28–30.
2. Ш е и н, Е. В. Почвенные парадоксы (влагопроводность почв и капельное орошение) / Е. В. Шейн // Природа. – 2002. – № 10. – С. 8–10.
3. Б о р о д ы ч е в, В. В. Агроэкологические требования к гидромелиоративным системам нового поколения / В. В. Бородычев, А. В. Майер // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Защитное лесоразведение и мелиорация земель в степных и лесостепных районах России». – Волгоград: изд. ВГСХА, 1998. – С. 98–105.
4. Сельскохозяйственные мелиорации. Практикум: учеб.-метод. пособие / В. И. Желязко [и др.]. – Горки: БГСХА, 2022. – 164 с.
5. Васильев, В. В. Эксплуатация и реконструкция гидромелиоративных систем / В. В. Васильев, П. К. Равовой, С. В. Набздоров, И. А. Левшунов. – Минск : Государственное учреждение образования «Республиканский институт высшей школы», 2021. – 528 с.

УДК 631.432.25:631.674.4

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ КРотовых УВЛАЖНИТЕЛЕЙ ПРИ ВНУТРИПОЧВЕННОМ ОРОШЕНИИ

В. И. Желязко, д-р с.-х. наук, профессор
А. В. Миленков, студент мелиоративно-строительного
факультета

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: орошение, внутрипочвенный полив, увлажнители, кротовые увлажнители, животноводческие стоки, урожайность сельскохозяйственных культур.

Аннотация: В статье показано, что материалы увлажнители, даже при условии их промывки после полива, постепенно подвергаются заилению, в первую очередь, минерализованными остатками органического вещества. Учитывая это, их можно выполнять из органического материала. После выхода из строя такой сети устраивается новая, а старая, постепенно разлагаясь, пополняет расходные статьи пищевого баланса растений.

Keywords: irrigation, subsurface irrigation, humidifiers, mole humidifiers, livestock runoff, crop yields.

Summary: The article shows that material humidifiers, even if they are washed after watering, are gradually silted, primarily by mineralized residues of organic matter. Given this, they can be made from organic material. After the failure of such a network, a new one is arranged, and the old one, gradually decomposing, replenishes the expenditure items of the food balance of plants.

Введение. Технология внутрипочвенного внесения животноводческих стоков наиболее полно отвечает природоохранным требованиям [1–3]. Однако, при использовании трубчатых увлажнителей имеет место заиливание полости труб взвешенными частицами, содержащимися в поливной жидкости. За вегетационный период отложение взвешенных веществ в полости трубы может достигать 1,0–1,5 см, а через 10 лет эксплуатации заиливание – 50–70 % площади сечения трубы.

Общеизвестно, что кротовые внутрипочвенные увлажнители имеют наименьшую стоимость и срок службы. Однако периодическая нарезка новых увлажнителей резко увеличивает эксплуатационные расходы.

Срок эксплуатации кротовых увлажнителей можно продлить, применяя при их нарезке специальные химические соединения (крепители) на полимерной основе, которых в настоящее время разработано большое количество. Эти соединения увеличивают срок эксплуатации кротовин в 1,5–2 раза.

Цель исследований. Изучить способы продления долговечности кротовых увлажнителей

Ранее было показано, что материальные увлажнители, даже при условии их промывки после полива, постепенно подвергаются заиливанию, в первую очередь, минерализованными остатками органического вещества. Учитывая это, их можно выполнять из органического материала. После выхода из строя такой сети устраивается новая, а старая, постепенно разлагаясь, пополняет расходные статьи пищевого баланса растений.

Основное требование к конструкции такой увлажнительной сети – низкая стоимость изготовления конструктивных элементов увлажнителя и технологичность его устройства (с минимальными трудозатратами и объемами работ).

Методы и материалы исследований. В качестве материала для устройства трубопроводов-увлажнителей испытывалась твердая

фракция стоков свиноводческого комплекса и комплексов КРС. В качестве армирующего материала применялась солома и отходы льнообрабатывающей промышленности. В качестве вяжущего материала использовался сапропель. Секции трубопровода (длиной 33 см) изготавливались методом прессования. Как показали опыты, наиболее целесообразная форма поперечного сечения секций трубопровода – сводчатая, без дна [4].

Результаты и обсуждение. Наиболее простая технология укладки таких увлажнителей при вспашке. При этом первый лемех многокорпусного плуга с шириной захвата, равной расстоянию между увлажнителями регулируется на глубину, большую пахотного слоя не менее высоты материальной части увлажнителя (рис. 1, а).

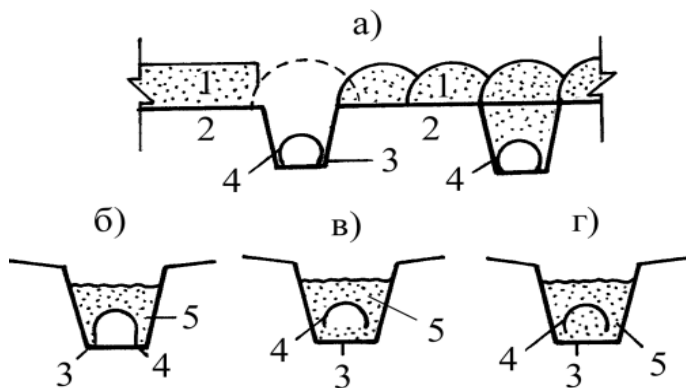


Рис. 1. Схема устройства увлажнителей из органического материала: 1– пахотный слой; 2 – подпахотный слой; 3 – углубленная пахотная борозда; 4– секции трубопровода-увлажнителя; 5– солома

Секции трубопровода увлажнителя укладываются на дно углубленной плужной борозды. Последующим проходом плуга увлажнитель засыпается пахотным слоем.

Однако, как показал опыт строительства подобных систем, не исключена возможность проникновения грунта в полость трубопровода через стыки секций. Поэтому желательна защита их от заиливания. Для этой цели рекомендуется устройство покровного слоя из соломы или пожнивных остатков (рис. 1, б).

Следует отметить, что слой соломы более равномерно распределяет нагрузки на секции увлажнителя, возникающие при проходе по участ-

ку сельскохозяйственной техники. Усилить этот эффект можно устройством подстилающей ленты из соломы, которая сглаживает неровности дна плужной борозды, создающие концентрированные напряжения на секции увлажнителя (рис. 1, в), хотя это и несколько ухудшает гидравлический режим движения жидкости по полости увлажнителя.

Для наиболее тяжелых условий работы рекомендуется полость увлажнителя полностью заполнять соломой (рис. 1, г). В этом случае даже поломка секции увлажнителя не выводит его из строя, хотя длина его ограничена в зависимости от условий пропускной способности. При уклонах поверхности 0,007–0,05 она составляет не более 30 м.

Как показали опыты, отклонения от проектного уклона (который трудно выдержать при вспашке) не играют существенной роли в связи с тем, что сроки заилиenia увлажнителя соизмеримы со сроком его службы, а равномерность полива в основном определяется водно-физическими свойствами пахотного горизонта [5].

Во избежание смещения секций трубопровода-увлажнителя относительно друг друга во время его засыпки плуг желательно дополнить профилирующим устройством, позволяющим выполнить дно углубленной пахотной борозды шириной, равной ширине увлажнителя. В противном случае требуется предварительная присыпка секций увлажнителя перед их запашкой.

Распределительную сеть для увлажнителей из органического материала рекомендуется выполнять по схемам, применимым для кротовых внутрипочвенных увлажнителей.

В 2022 г. была проведена экспериментальная проверка параметров внутрипочвенной увлажнительной сети. Для этого заложены опытные делянки кротово-внутрипочвенного внесения сточных вод. Схема опыта предусматривала 5 вариантов:

- 1) контроль, $m = 0$;
- 2) при $l = 0,5$ м $m = 400$ м³/га;
- 3) при $l = 0,7$ м $m = 300$ м³/га;
- 4) при $l = 1,0$ м $m = 200$ м³/га;
- 5) при $l = 1,5$ м $m = 150$ м³/га.

Здесь l – расстояние между кротовыми увлажнителями, m – поливные нормы стоков.

Дата полива назначалась при дефиците почвенных влагозапасов, равном норме полива на участке с наибольшей поливной нормой. В таблице приведена урожайность многолетних трав за вегетационный период в изучаемых вариантах.

**Урожайность сухой массы многолетних трав на участке
крово-внутрипочвенного орошения за вегетационный период**

Поливная норма, м ³ /га	Доза азота, кг/га	Урожай, т/га	Прибавка урожае, т/га	НСП ₀₅ = 0,92 т/га
150*	180	4,5	–	
150	180	6,1	1,6	
200	240	6,7	2,2	
300	360	7,8	3,3	
400	480	9,3	4,8	

* Внесено поверхностно мобильным транспортом.

Как следует из данных таблицы, с увеличением нормы внесения урожайность многолетних трав на участке кротового внутрипочвенного орошения возрастала.

Заключение. Продлить срок эксплуатации кротовых увлажнителей можно, если применить специальные химические соединения на полимерной основе. Эти соединения увеличивают срок эксплуатации кротовин в 1,5–2,0 раза. В качестве материала для крепления свода трубопроводов-увлажнителей можно использовать твердую фракцию стоков свиноводческого комплекса и комплексов КРС. В качестве армирующего материала применять солому и отходы льнообрабатывающей промышленности, а вяжущего – сапропель. Наиболее целесообразная форма поперечного сечения секций трубопровода – сводчатая, без дна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григоров, М. С. Внутрипочвенное орошение / М. С. Григоров. – М.: Колос, 1983. – 128 с.
2. Агроэкологическое обоснование ведения сельскохозяйственного производства на мелиорируемых длительно используемых, нарушенных и загрязненных землях: монография; авт. кол-в: И. В. Гурина [и др.]. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГТУ, 2014. – 484 с.
3. Копытовский, В. В. Агромелиоративные приемы по снижению накопления тяжелых металлов в почвах и растительной продукции / В. В. Копытовский // Агрохимический вестник. – 2015. – № 4. – С. 34–36.
4. Желязко, В.И. Проектирование и расчет систем внутрипочвенного орошения с использованием животноводческих стоков // Актуальные проблемы строительства и эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных систем: сб. науч. трудов / БелСХА. – 1984. – Вып. 117. – С. 21–26.
5. Эксплуатация и реконструкция гидромелиоративных систем / В. В. Васильев, П. К. Равовой, С. В. Набздорев, И. А. Левшунов. – Минск : ГУ «Республиканский институт высшей школы», 2021. – 528 с.

ЗАЩИТНО-ФИЛЬТРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ОСУШЕНИИ ЗЕМЕЛЬ

В. И. Желязко, д-р с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой
А. Н. Чашинский, студент мелиоративно-строительного факультета
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: мелиорация, осушение земель, дренаж, заиление, защита дренажа фильтрация воды к дрене.

Аннотация. В статье излагаются результаты проведенных исследований установлено, что более высокую водоприемную способность имеет импортный геотекстиль. При выборе материала на стадии изысканий для реконструкции дренажных систем можно применять, как старые защитные материалы, так и новые из геотекстиля. Определяющим фактором будет являться стоимость материалов.

Keywords: land reclamation, land drainage, drainage, siltation, drainage protection, water filtration to drainage.

Summary: The article presents the results of the conducted research, it was found that imported geotextile has a higher water intake capacity. When choosing a material at the survey stage, both old protective materials and new geotextiles can be used for the reconstruction of drainage systems. The determining factor will be the cost of materials.

Введение. Состояние мелиорируемых земель определяется по существующему на них водному режиму. Основными признаками неудовлетворительного водного режима являются: переувлажнение верхнего слоя почвы, застой воды на поверхности слабоводопроницаемых почв. Он обусловлен уменьшением коэффициента фильтрации пахотного и подпахотного горизонтов, высоким стоянием уровней грунтовых вод в посевной и вегетационные периоды.

Водный режим зависит от эффективности работы мелиоративной системы на протяжении нормативного срока эксплуатации. Одним из существенных показателей работы дренажа являются его водоприемная и водоотводящая способности, которые обуславливают способность принимать избыточную воду из корнеобитаемого слоя в полость дренажной трубы и своевременно отводить ее по дренажной сети.

Водоприемная потребность дренажа наиболее важный показатель его работоспособности. Она зависит от конструкции системы, вида и состояния присыпки дрен, обратной засыпки траншеи, защитно-фильтрующего материала (ЗФМ).

Цель работы. Дать оценку современным защитно-фильтрующим материалам, применяемым при строительстве и реконструкции закрытого дренажа.

Материалы и методика исследований. Основным методом исследований обобщение данных полевых обследований закрытых осушительных систем.

Результаты исследования и их обсуждение. Конструкция дренажа определяется типом дренажных труб. Для пластмассовых гофрированных - количеством и – размерами и формой перфорационных отверстий, их размещения. Для керамических, например, «старых» ранее уложенных дрен – размерами стыковых зазоров, а также схемой укладки фильтров рулонного вида. Применение объемного фильтра увеличивает приток воды в дрена. В процессе эксплуатации дрен существенное влияние на водоприемную способность дрен оказывают заиливание, а при наличии железистых соединений – заохривание труб, кольматация перфорационных отверстий, а также другие факторы.

Основным признаком низкой водоприемной способности дрен является наличие воды над дренами при безнапорном движении воды в трубах. Этот фактор учитывают при оценке мелиоративного состояния осушаемой площади и работоспособности дренажной системы в целом. Например, на кафедре мелиорации и водного хозяйства при обследовании дренажных систем на торфяниках обнаружено «интересное» явление. После эксплуатации системы в течение 3 лет уровни грунтовых вод стали подходить к поверхности земли, не достигая ее до 20–30 см. Появились существенные вымочки посевов сельскохозяйственных культур. Примечательно, что упомянутая осушительная система была построена качественно.

После отрывки шурфа через 3–4 часа над дренажной трубой появился слой воды 20–40 см над верхом керамических труб. В то же время сток воды был столь незначительным, что им можно было пренебречь. В полости труб обнаружены только следы наилка. После извлечения одной из трубок вода из шурфа уходила. Однако после укладки извлеченной трубы на место картина повторялась – в шурфе над трубами вновь восстанавливался слой воды. Было установлено, что появление

воды в шурфе вызвано кольматацией частицами торфа нарушенной структуры малых (до 1 мм) стыковых зазоров и фильтров над ними. В результате было предложено в шурфах над дренами выполнить колонки-поглотители из песчано-гравийной смеси. После выполнения такой работы, водный режим почв был восстановлен. Дополнительный фильтр из песка повысил надежность защиты дренажа от заиливания и почти полностью исключил кольматацию фильтров. Эти факторы необходимо учитывать на стадии изысканий объектов, предназначенных для реконструкции. А при оценке работоспособности дрена необходимо устанавливать следующие показатели:

- состояние ЗФМ и схему его укладки, а также степень заиливания дрена за период эксплуатации. Это необходимо для выбора вида и схемы укладки фильтра при разработке проектов по реконструкции;
- состояние перфорационных отверстий изменение их размеров под воздействием отложения солей (железистых соединений).

Важным показателем ЗФМ является его коэффициент фильтрации. Водопроницаемость фильтров должна быть выше водопроницаемости осушаемого грунта. По данным А. И. Митраховича и других исследователей [6], в настоящее время испытывают и начинают применять следующие новые защитно-фильтрующие материалы:

- геотекстиль импортный (страну-изготовитель установить не удалось);
- геотекстиль производства ООО «Гродненские нетканые материалы»;
- геотекстиль производства ОАО «Пинема».

Ранее было показано, что ЗФМ играет существенную роль в работе дрена, но главной их функцией является защита дренажа от заиливания и продление его срока службы.

В Институте мелиорации НАН были проведены испытания фильтров в лабораторных и производственных условиях. Нами были проведены теоретические расчеты по установлению влияния коэффициента фильтрации ЗФМ на расстоянии между дренами. Рассчитывали при $k = 1$ м/сут; модуле дренажного стока $q = 0,6$ л/с с 1 га; толщине фильтра $z_{\phi} = 0,001$ м; диаметре труб $d = 0,05$ м; длине щелей водоприемных отверстий 0,5 см. Полученные значения расстояния между дренами при разных коэффициентах фильтрации защитного материала представлены в таблице.

Зависимость расстояния между дренами от коэффициента фильтрации дренажного фильтра

Коэффициент фильтрации фильтра K_f , м/сут	Расстояние между дренами B , м
20	8,5
30	11,3
45	14,0
100	21,6
140	25,0

Установлено, что с увеличением коэффициента фильтрации ЗФМ, расстояние между дренами существенно увеличивается. Так, если при $K_f = 20$ м/сут. $B = 8,5$ м, то при $K_f = 45$ м/сут оно увеличивается до 14 м, т. е. почти на 75 %. Еще существеннее оно возросло при $K_f = 140$ м/сут. В этом случае получено $B = 25$ м, или дало прирост в сравнении с первым вариантом в 3 раза. Так как коэффициент фильтрации фильтра тесно связан с приточностью воды к дренам, их водопримная способность также возрастает, т. е. с увеличением K_f увеличивается и расход из дрен.

Однако в производственных условиях такой закономерности не наблюдается. Кроме коэффициента фильтрации, здесь влияют и другие факторы, играющие важную роль в работе дрен (диаметры, глубины и т. д.). По данным кафедры мелиорации и водного хозяйства, в опытах с дренами, имеющими объемные фильтры (песок), при изменении коэффициента фильтрации с 1,23 м/сут до 4,45 м/сут (т. е. различие составляет 3,5 раза) получено приращение расстояния между дренами всего на 22,5 %.

Вывод. В результате проведенных исследований установлено, что более высокую водопримную способность имеет импортный геотекстиль. Этот фильтр обеспечивает модуль дренажного стока до 0,6 л/с с 1 га. Наилучшими гидравлическими характеристиками обладают трубы с ЗФМ ООО «Гродненские нетканые материалы» и ОАО «Пинема». Таким образом, при выборе ЗФМ на стадии изысканий для реконструкции дренажных систем можно применять, как старые ЗФМ [5–8], так и новые ЗФМ из геотекстиля. Определяющим фактором будет являться стоимость материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов, Г. И. Мелиоративная система для почв с холмистым рельефом. А.С. СССР №114782, 1982 Оpubл. Бюл. № 42, 1989.
2. Эксплуатация и реконструкция гидромелиоративных систем / В. В. Васильев,

П. К. Равовой, С. В. Набздорov, И. А. Левшунов. – Минск : Государственное учреждение образования «Республиканский институт высшей школы», 2021. – 528 с.

3. Мурашко, А.И. Защита дренажа от заиливания / А. И. Мурашко, Е. Г. Сапожников. – Минск: Ураджай, 1979. – 215 с.

4. Абрамов, С.К. Подъемные дренажи в промышленном и городском строительстве / С. К. Абрамов. – М., 197. – 217 с.

5. Оценка водопримной способности дренажных труб при использовании современных защитно- фильтрующих материалов / А. И. Митрахович [и др.] // Мелиорация. – № 1. – 2013. – С. 57–67.

6. ТКП 45-3.04-8-2005(02250). Мелиоративные системы и сооружения. – Минск, 2006. – 105 с.

7. Осушение слабопроницаемых почв с западным рельефом / В. И. Желязко, А. И. Митрахович, И. Ч. Казьмирук, С. В. Набздорov // 2009. – № 1 (61). – С. 100–107.

8. Сельскохозяйственные мелиорации. Практикум: учеб.-метод. пособие / В. И. Желязко [и др.]. – Горки: БГСХА, 2022. – 164 с.

УДК 628.6:631.6(470.47)

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ОБОСНОВАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНО- ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ

С. Д. Исаева, д-р техн. наук

Э. Б. Дедова, д-р с.-х. наук, профессор РАН

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт

гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова»,

г. Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: *мелиоративно-водохозяйственный комплекс, интегрированное управление, экосистемное водопользование, сельское хозяйство, мелиорация.*

Аннотация. Приводится информационно-аналитическая модель обоснования экспертных решений по интегрированному управлению мелиоративно-водохозяйственным комплексом. Модель состоит из трех блоков: информационного, в основе которого данные комплексного экологического мониторинга; аналитического по оценке текущего состояния почвенного покрова и водопользования, рисков развития неблагоприятных экологических процессов, сценарных исследований динамики ситуации; принятия тактических и стратегических решений по управлению использованием водных ресурсов и мелиоративным состоянием земель.

Key words: *land reclamation and water management complex, integrated management, ecosystem water use, agriculture, land reclamation.*

Annotation. The information and analytical model of substantiation of expert decisions on integrated management of the reclamation and water management complex is given. The model consists of three blocks: information, which is based on the data of integrated environmental monitoring; analytical to assess the current state of soil cover and water use, the risks of unfavorable environmental processes, scenario studies of the dynamics of the situation; tactical and strategic decisions on the management of water use and land reclamation.

Совершенствование системы управления водными объектами, мелиоративными системами и мелиоративным фондом, что означает переход к интегрированному управлению мелиоративно-водохозяйственным комплексом, обусловлены необходимостью повышения водообеспеченности агропромышленного комплекса (АПК) и сельского населения, создания условий для устойчивого водопользования, охраны водных ресурсов. Это особенно важно в зоне недостаточного увлажнения европейской части РФ, в том числе в Волгоградской, Астраханской областях, Республике Калмыкия, Краснодарском крае с учетом тенденций изменения климата, так как в последние десятилетия продолжительность засушливых периодов в гидрологических циклах увеличилась с 2–3 до 6–7 и более лет.

В зоне недостаточного увлажнения экологически безопасное, экономически эффективное и социально ориентированное развитие АПК в значительной мере зависит от наличия доступных водных ресурсов и состояния мелиоративно-водохозяйственного комплекса. Поскольку водообеспечение орошения в условиях водного дефицита является сложной задачей, ее решение должно опираться на обоснованное интегрированное управление водными ресурсами, мелиоративными системами и мелиорированными землями. Для обоснования устойчивого функционирования системы управления водообеспечением гидромелиоративных объектов в настоящее время широко применяется информационно-логическое и математическое моделирование. В основе принимаемых решений – достоверные данные комплексного экологического мониторинга, проведение сценарных исследований на имитационных моделях, постановка и решение оптимизационных многокритериальных задач водопользования. При этом проводится обоснование комплексного использования водных ресурсов, определение объемов и технологии водопользования, сравнение разных режимов орошения

и технологий поливов, анализ факторов роста и развития растений, динамики состояния почвенного покрова, оценка рисков развития неблагоприятных экологических процессов при орошении, определяющих в итоге эффективность использования водных ресурсов. Современные математические модели позволяют оптимизировать и сопрягать между собой различные аспекты водохозяйственной деятельности, управлять водообеспечением, водоподачей, нормировать орошение в целях экономии воды и обеспечения благоприятного состояния мелиорированных земель.

Своевременная, достоверная и в полном объеме информация, получаемая в процессе комплексного экологического мониторинга, позволяет перейти на качественно новый уровень планирования и управления. В процессе мониторинга наблюдения и междисциплинарный анализ данных комплексно выполняются за состоянием водных объектов (водных источников и водоприемников), гидротехнических сооружений мелиоративных систем и экологическим состоянием мелиорированных земель для синхронного и своевременного принятия решений по управлению функционированием мелиоративной системы и проведению мелиоративных мероприятий.

Поиск оптимального функционирования строится на хорошо изученной структуре ВХС, параметрах ее элементов и их характеристик, с пространственно-временной привязкой к условиям внешней среды, а также к техническим, эколого-экономическим и социальным требованиям, предъявляемым к мелиоративно-водохозяйственной системе как природно-техногенному комплексу [1–4].

Постановка оптимизационных задач по водообеспечению и водопользованию на крупных мелиоративных агрокомплексах предполагает применение социально-экономического и ландшафтного подхода, определяющих цели и ограничения в моделях оптимизации ресурсопотребления, а также ориентацию на предотвращение ухудшения мелиоративного состояния земель (развитие неблагоприятных процессов, таких, как вторичное засоление и осолонцевание почв, подтопление земель) и водных объектов (исчерпание ресурсов, загрязнение). На основании анализа существующих теоретических разработок, а также прикладных исследований по проведению экологического мониторинга водных ресурсов, земель регулярного и лиманного орошения, технического

уровня и состояния мелиоративных систем и сооружений [1, 3, 5] была начата разработка экспертной системы обоснования решений при интегрированном управлении мелиоративно-водохозяйственным комплексом. В основу системы положена информационно-аналитическая модель обоснования принятия управленческих решений в инновационных проектах развития сельскохозяйственного водопользования (рис. 1).

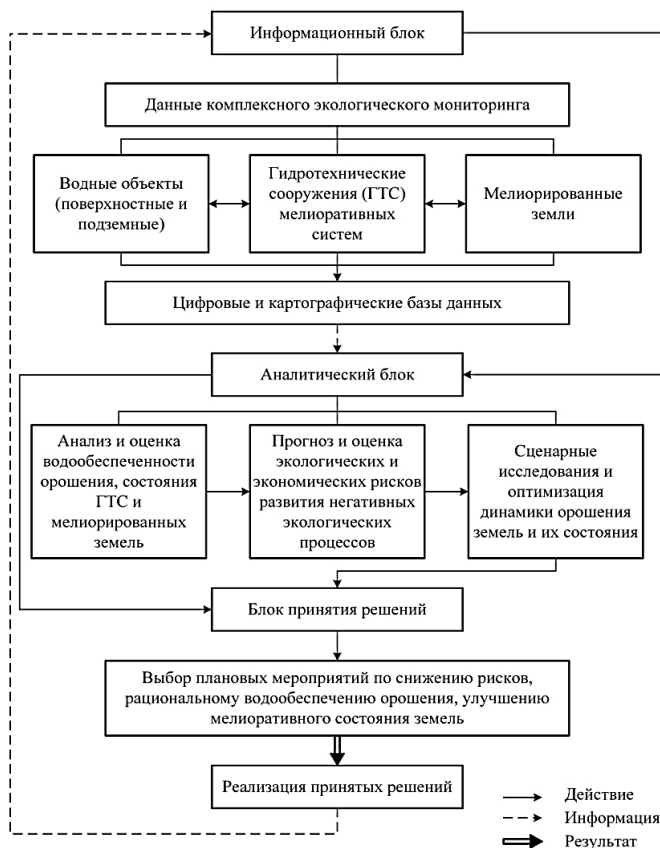


Рис. 1. Информационно-аналитическая модель обоснования принятия управленческих решений в инновационных проектах развития сельскохозяйственного водопользования

Основные принципы, заложенные в модель управления водохозяйственным комплексом АПК (орошением и сельскохозяйственным водоснабжением) [2, 4–8]:

- * междисциплинарное научное обоснование планирования использования водных ресурсов, на орошение и хозяйственно-питьевое водоснабжение по регионам (текущая ситуация и прогнозная) с приоритетом питьевого водоснабжения и учета водоохранных требований в правовом статусе равнозначном статусу требований отрасли;

- * выделение объемов водных ресурсов для орошения в условиях дефицита на основе оценки эколого-экономической и социальной эффективности планируемой структуры сельскохозяйственного производства;

- * оптимизация структуры возделываемых культур на орошаемых землях в зависимости от лимита водных ресурсов;

- * комплексное использование водоисточников с учетом напряженности водного баланса, располагаемых объемов и обоснованной потребности в водных ресурсах с акцентом на экономное использование воды питьевого качества при орошении;

- * оптимизация распределения воды в водохозяйственных системах АПК с учетом поставленных целей и возможных ограничений (экономических, земельных, водных ресурсов);

- * нормирование и контроль водопользования с учетом состояния источников водных ресурсов; при планировании водопользования предусматривать объемы водных ресурсов, необходимых для нужд сохранения или улучшения состояния окружающей среды;

- * направленность на поэтапное экологическое восстановление водных источников, связанных с мелиоративными объектами, за счет сокращения диффузного загрязнения, регулирования отбора подземных вод и т. д. с последующим поддержанием их состояния;

- * расширение применения очищенных сточных коммунальных, коллекторно-дренажных, подземных минерализованных вод для сельскохозяйственного водоснабжения и орошения с учетом степени и качества очистки;

- * необходимость совершенствования управления поверхностными водными ресурсами за счет регулирования работы каскадов водохранилищ;

- * обязательность модернизации водохозяйственного комплекса АПК, мелиоративных систем, внедрение инновационных технологий в водопользовании, включая технологию и технику поливов, водоподачу и водоотведение, водоподготовку, очистку сбросных во и пр.;

* системное (комплексное, последовательное, поэтапное) проведение модернизации водохозяйственного мелиоративного комплекса, мероприятий по рациональному использованию водных ресурсов при орошении и сельскохозяйственном хозяйственно-питьевом водоснабжении, намеченных в рамках стратегического планирования и конкретизированных при разработке тактических мер по совершенствованию водопользования;

* контроль региональными исполнительными органами выполнения запланированных мероприятий, своевременности их проведения, качества реализации, их результативности и эффективности не только в стоимостном выражении, но и в физическом воплощении.

Информационно-аналитическая модель обоснования экспертных решений по интегрированному управлению мелиоративно-водохозяйственным комплексом включает блоки:

- информационный, в основе которого данные комплексного экологического мониторинга;

- аналитический по оценке текущего состояния почвенного покрова и водопользования, рисков развития неблагоприятных экологических процессов, сценарных исследований динамики ситуации;

- принятия тактических и стратегических решений по управлению использованием водных ресурсов и мелиоративным состоянием земель.

Комплексный экологический мониторинг водных ресурсов, мелиоративных систем и мелиорированных земель представляет собой систему непрерывного слежения и контроля, состоящую из трех составляющих:

- контроль за количественным и качественным составом воды в различных источниках – поверхностных (реки, водоемы в балках, каналы, озера, водохранилища, пруды), подземных (артезианские горизонты, пресноводные линзы, грунтовые воды), а также в водоприемниках;

- контроль за технико-экологическим состоянием мелиоративных систем и сооружений (плотин, дамб, каналов, водорегулирующих, водопроводящих и сбросных ГТС);

- контроль за эколого-мелиоративным состоянием земель регулярного и лиманного орошения и окружающих территорий (состояние почв, режим грунтовых вод, развитие экологически неблагоприятных процессов).

Использование информационно-коммуникационных и цифровых технологий в планировании и управлении повышает производительность мелиоративных систем путем обоснования эффективного использования водных, земельных, финансовых, трудовых, энергетических ресурсов. На основе разработанной информационной модели выполнены исследования по водообеспечению АПК и сельского населения юга европейской части РФ. В то же время был выполнен анализ технического состояния оросительных систем. Недостаток водных ресурсов, испытываемый при орошении и высокий уровень физического износа мелиоративных систем, определяющий большие непроизводительные потери оросительной воды, подтвердили необходимость развития и совершенствования системы управления орошением и перехода на новый технологический уровень всех систем и процессов, связанных с орошением.

В процессе разработки информационно-аналитической модели обоснования управления мелиоративно-водохозяйственным комплексом были созданы интерактивные крупномасштабные электронные информационные карты по водообеспеченности регионов юга европейской части России. Разработан ГИС-проект Сарпинской обводнительно-оросительной системы Республики Калмыкия по обеспеченности орошения и сельхозводоснабжения водными ресурсами, представляющий собой геоинформационную базу данных, и представленную в виде информационных слоев. Проект позволяет оперативно принимать решения по выбору необходимого комплекса мероприятий и рациональному использованию водных ресурсов.

Проведенные исследования по составлению информационно-аналитической модели и апробация подхода в рамках разработки геоинформационных баз данных и ГИС-проекта, позволили перейти к новому этапу исследований и приступить к разработке алгоритмов и элементов цифровых технологий для формирования структуры и компонентов многоуровневой системы информационно-аналитической поддержки принятия решений по интегрированному управлению мелиоративно-водохозяйственным комплексом.

Разрабатываемая экспертная система обоснования решений по интегрированному управлению мелиоративно-водохозяйственным комплексом необходимо для вовлечения в процесс управления использованием и охраной водных объектов специалистов по эксплуатации ГМС, агрономов, а также органов местного самоуправления, при раз-

витии системы – бассейновых советов, ассоциации водопользователей и других общественных организаций.

В числе основных функций системы управления мелиоративно-водохозяйственным комплексом представляется необходимым:

- планирование водохозяйственных мероприятий с учетом гипотез развития экономики и требований отраслей к объемам и надежности водообеспечения, к качеству вод, мероприятий по ограничению антропогенной нагрузки на водные объекты и т. д.;
- выработку согласованных решений по управлению водными ресурсами в различных административных и бассейновых образованиях;
- оперативное управление водопользованием; выработку рекомендаций по нормативам водопотребления и водоотведения; контроль за водопотреблением предприятий и сбросом загрязняющих веществ;
- взимание платы с предприятий за забор воды и водоотведение;
- введение прогрессивной системы штрафов за загрязнение водных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экосистемный мониторинг водных ресурсов и мелиоративных объектов / В. В. Бородычев, Э. Б. Дедова, М. А. Сазанов, А. А. Дедов // Российская сельскохозяйственная наука. – 2017. – № 3. – С. 56–61.
2. Безднина, С. Я. Экосистемное водопользование / С. Я. Безднина. – М.: Изд-во «Рома», 1997. – 137 с.
3. Методические положения создания комплексного мониторинга водных ресурсов и мелиоративных систем Республики Калмыкия / Э. Б. Дедова [и др.]. – Москва, 2017. – 97 с.
4. Isaeva, S. D., Dedova E. B. Principles of ensuring geosystem environmental sustainability under man-made impacts on water resources / S. D. Isaeva, E. B. Dedova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – V. 867 (1).
5. Исаева, С. Д. Научное обоснование экосистемного водопользования / С. Д. Исаева // Сельский механизатор. – 2019. – № 10. – С. 22–23.
6. Isaeva, S. D. Use of Water Resources for Irrigation in the Southern Regions of Russia / S. D. Isaeva, E. B. Dedova, A. A. Buber // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 666 (2021) 042020 Издательство: IOP Publishing.
7. Shevchenko, V. A., Isaeva S. D., Dedova E. B. Geosystem approach to using surface and groundwater in agricultural water supply IOP Conference Series: Earth and Environmental Science this link is disabled, 2021, 867(1), 012071. doi:10.1088/1755-1315/867/1/012071
8. Шевченко, В. А. принятия решений в инновационных проектах развития сельскохозяйственного водопользования / В. А. Шевченко, С. Д. Исаева, Э. Б. Дедова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. – Т. 65, No 2 (386). – С. 124–128. doi: 10.55186/25876740_2022_65_2_124

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ АГРОЭКОСИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНЫМИ МЕЛИОРАЦИЯМИ

Л. В. Кирейчева, д-р техн. наук, профессор
(ORCID: 0000-0002-7114-2706)

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова»,
г. Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: комплексная мелиорация, агроэкосистема, продуктивность, устойчивость, энергетическое состояние.

Keywords: integrated reclamation, agroecosystem, productivity, sustainability, energy state.

Проведение комплексной мелиорации на землях сельскохозяйственного назначения играет существенную роль в повышении урожайности и устойчивости сельскохозяйственного производства в годы с неблагоприятными погодными условиями. В России в 60–80-е годы прошлого столетия комплексная мелиорация земель стала стержнем общегосударственной программы преобразования сельского хозяйства, с мелиорированных земель, занимавших 7,9 % пашни, получали продукцию в стоимостном эквиваленте равную 15–17 % валовой продукции растениеводства. Кризис 90-х годов прошлого века в значительной степени затронул мелиоративную сферу, мелиорации был нанесен существенный урон, что повлекло за собой выбытие из сельскохозяйственного оборота миллионов гектаров орошаемых и осушаемых земель и ухудшение состояния мелиорированных земель. За 26 лет государственного финансирования работ по мелиорации не удалось полностью восстановить мелиоративный комплекс. В настоящее время полностью из оборота выведено 0,8 млн. га орошаемых и 1,57 млн. га осушаемых земель. Оставшиеся мелиорированные земли используются недостаточно эффективно по причинам плохого технического состояния инженерных гидромелиоративных систем, степень износа которых достигла 71 % на площади более 30 %; нарушения технологического регламента проведения работ, включая недополив орошаемых земель, потерю плодородия почв [1]. По итогам 2014–2017 года на фактически поливаемых землях было собрано: кормовых культур 27,5 %, овощей 80 %, картофеля 20,5 %, риса 100 %, плодовых

и ягодных культур 70 %, кукурузы на зерно 12 %, сои 26 %, а объем производства зерновых культур на орошаемых землях составил всего 3,09 % общего объема производства. Наблюдаемые урожаи на мелиорированных землях России только на 30–50 % превышают урожайность на землях, не охваченных мелиорацией. Мировой опыт показывает, что урожайность при орошении в 2,7 раза выше, чем на богаре, а орошаемые земли обеспечивают более 40 % мирового производства продукции [2].

Цель настоящих исследований – разработка биосферного подхода к обоснованию комплексных мелиораций, обеспечивающих высокопродуктивное и устойчивое агропроизводство, включая повышение эффективности использования природно-климатических ресурсов; регулирование биосферных функций, направленных на снижен ав

ф у-

где φ – коэффициент полноты использования радиационной энергии в биоценозе на почвообразование.

Согласно исследованиям В. Р. Волобуева [4], существует связь между коэффициентом φ и показателем относительной увлажненности (K_n) [5]. Полнота использования радиационной энергии увеличивается при повышении показателя K_n до достижения им уравновешенного значения. Коэффициент полноты использования радиационной энергии на почвообразование (φ):

$$\varphi = e^{-0.47 \frac{1}{K_n}}, \quad (3)$$

где P – среднегодовое количество осадков, мм;

R – радиационный баланс ккал/см²год;

e – основание натурального логарифма.

Суммарная радиация, наряду с влагообеспеченностью территории, плодородием и свойствами почвы и их микробиологическим режимом, формируют энергетическое состояние агроэкосистемы, внутренняя энергия которой накапливается в почвенном гумусе и фитомассе растений, обеспечивает биологический кругооборот воды и питательных веществ, поддерживает устойчивость системы и обеспечивает обмен со смежными системами. Причем, чем больше энергии накапливается, тем эффективнее работает система.

Выполненные расчеты энергетических показателей для основных почв ЕЧР до и после проведения комплексных мелиораций показали, что эффективность использования лучистой энергии (теплового баланса) увеличивается на 3–8 %, а энергия почвообразования повышается от 7,5 до 70 % в зависимости от природно-климатической зоны, следовательно, повышается потенциально возможная продуктивность сельскохозяйственных угодий [6] (таблица).

Обобщенные энергетические показатели агроэкосистем для зональных природных условий европейской части России (ЕЧР)

Энергетические показатели	Основные типы почв России					
	Дерново-подзолистые суглинистые	Серые лесные тяжело-суглинистые	Черноземы выщелоченные	Черноземы типичные	Черноземы обыкновенные	Каштановые
1	2	3	4	5	6	7
Коэффициент увлажнения по Иванову	1,3–1,4	1,2–1,3	1,1–1,2	0,9–1,1	0,7–0,9	0,5–0,7

1	2	3	4	5	6	7
Энергетически показатели на не меблированных землях						
Радиационный баланс, (КДж/см ² год)	120	138	155	166	176	203
Энергия почвообразования Q_n , (КДж/см ² год)	84,30	93,06	100,13	104,85	102,49	57,81
Энергетические показатели в условиях регулирования водного режима комплексными мелиорациями						
Радиационный баланс R , (КДж/см ² год)	125	145	159	170	181	220
Энергия почвообразования Q_n , (КДж/см ² год)	90,68	102,18	110,39	116,59	122,79	156,75

Важной энергетической составляющей агроэкосистем является гидрологическая энергия, связанная с регулированием водного режима агроэкосистемы. В качестве интегрального показателя составляющей агроэкосистемы можно принять отношение фактической климатической увлажненности территории ($Y_{\text{ест}}$), к требуемой водообеспеченности или потенциально возможной эвапотранспирации (ET_p) т. е.: $I = Y_{\text{ест}} / ET_p$. Для повышения продуктивности системы при значении показателя $I > 1$ требуется проведение осушительных мелиораций; при $I < 1$ необходимо создание оросительной системы; а в случае, если I отклоняется от единицы в ту или другую сторону не более чем на 25–30 %, потребуется создание комбинированных систем.

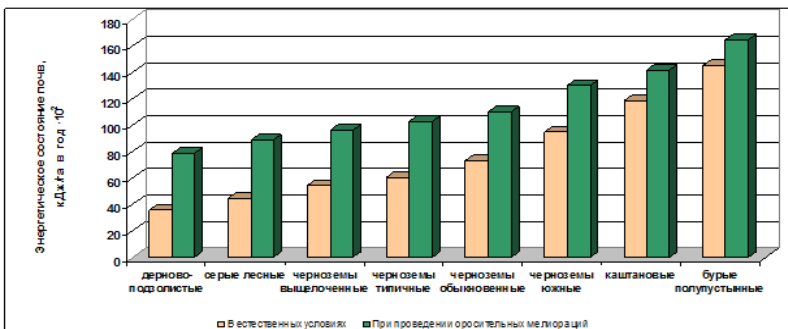


Рис. 1. Изменение энергетического состояния агроэкосистем в различных природно-климатических зонах при проведении комплексных мелиораций

Проведение комплексных мелиораций позволяет существенно увеличить энергетическое состояние агроэкосистем от $78,96 \cdot 10^2$ кДж/га (в дерново-подзолистых почвах) до $164,90 \cdot 10^2$ (в бурых пустынно-степных почвах) [7].

Таким образом, энергетический подход к обоснованию комплексных мелиораций позволяет эффективно использовать природный потенциал и в зависимости от природно-климатических условий научно обоснованно размещать мелиоративные системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мелиоративный комплекс Российской Федерации: информ. издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 304 с.
2. The United Nations World Water Development Report 2012. Managing Water under Uncertainty and Risk [Electronic resource]. – URL: www.unwater.org/unwater-publications (date of access 23.08.2021).
3. Будыко, М. И. Климат и жизнь / М. И. Будыко. – Ленинград: Гидрометеорологическое изд-во, 1971. – 470 с.
4. Волобуев, В. Р. Введение в энергетику почвообразования / В. Р. Волобуев. – М., 1974. – 128 с.
5. Иванов, Н. Н. Об определении величин испаряемости / Н. Н. Иванов // Известия Всесоюзного географического общества. – Т. 86. – 1954. – № 2. – С. 189–196.
6. Kireicheva L.V., & Karpenko N.P. (2015) Evaluation of the Efficiency of Irrigation in a Zonal Soil Sequence. *Eurasian Soil Science*, 2015. – Vol. 48. – No. 5. – С. 524–532.
7. Кирейчева, Л. В. Подходы к обоснованию размещения сельскохозяйственных мелиораций / Л. В. Кирейчева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2017. – № 4. – С. 11–15.

УДК 556.5

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЧНОЙ СЕТИ НУРА-САРЫСУСКОГО ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО БАСЕЙНА

А. Т. Козыкеева, д-р техн. наук, профессор

У. Шугайып, докторант

Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
г. Алматы, Казахстан

Ключевые слова: водохозяйственный бассейн, река, географическая, сеть, сток, гидрографический, водоотдача, водосбор.

Аннотация: рассмотрены особенности распределения речной сети Нура-Сарысуского водохозяйственного бассейна

Keywords: water management basin, river, geographic, network, runoff, hydrographic, water loss, catchment area.

Summary: the features of the distribution of the river network of the Nura-Sarysu water management basin are considered.

Объект исследования. Нура-Сарысуский водохозяйственный бассейн включает в себя бассейны рек Нура и Сарысу, озер Тенгиз и Карасор и принадлежит к области замкнутого стока, куда относятся районы Тениз-Коргалинской впадины и примыкающих к ней бассейнов рек Нуры, Куланотпеса и других водотоков, которые заканчиваются в бесточных озерах Тениз, Коргалжино; Керей, Кыпшак и др., а также река Сарысу, тяготеющая к бассейну реки Сырдария. Площадь Нура-Сарысуского водохозяйственного бассейна составляет 290210 км², из них Акмолинская область – 16028,8 км², Карагандинская область – 264616 км², Кызылординская область – 4655 км² и Южно-Казахстанская область – 491 км² [1, 2].

Территория бассейна относится к регионам с недостатком влаги и резко континентальным климатом. Количество атмосферных осадков составляет 255–282 мм. Абсолютная максимальная температура достигает 40 °С. Самый теплый месяц – июль, а самый холодный – январь.

Особенностью рек бассейна является то, что основной объем годового стока (до 90 % и выше) приходится на короткий период весеннего половодья. В остальное время года потребление воды реками значительно сокращается, и в большинстве рек в этот период сток вообще отсутствует. На территории бассейна реки Нура-Сарысу насчитывается около 2000 озер и более 400 искусственных водоемов.

Формирование стока реки Нура происходит в основном в верхней и средней частях водосборного бассейна, берет начало в западной части Казахского мелкосопочника на высоте 1100–1200 м над уровнем моря и является самой большой типичной рекой «казахстанского» типа, в бассейне Нура-Сарысу с очень высокой и резкой волной половодья и низкой меженью (рис. 1). Площадь водосбора составляет 60800 км², водораздел выражен слабо и имеет расчлененный средне- и крупнохолмистый рельеф. Долина реки Нура выражена неясно и ее ширина доходит до 25–27 км. Факторами, определяющими особенности реки в нижней части водосбора, являются распластывание паводочной волны и потери стока на пойме, в пойменных озерах и русле. Значительные изменения в режиме реки Нура вызваны хозяйственной деятельностью.



Рис. 1. Бассейн реки Нура

В настоящее время сток воды в русле бассейна реки Нура формируется за счет стока с речного водосбора, сточных вод промышленных предприятий Карагандинской области и ертысского стока, поступающего по каналу К. Сатпаева. Летние дождевые паводки участвуют в питании рек, главным образом за счет пополнения запасов подземных вод, доля запасов подземных вод составляет 3–5 %.

На рассматриваемой территории эксплуатируется 21 водохранилище вместимостью более 1,0 млн. м³ и более 137 прудов и малых водохранилищ, общая вместимость которых составляет около 0,8 км³. Водохранилища головного мозга имеют в основном комплексное назначение и используются для водоснабжения Караганды, Темиртау и других населенных пунктов. Небольшие водохранилища и пруды имеют единственную цель – главным образом орошение, которое в настоящее время переживает значительный кризис.

Суммарная полезная емкость построенных водохранилищ – 416 млн. м³. Самые крупные водохранилища: Шерубайнуринское на реке Шерубайнура и Самаркандское на реке Нура. Шерубайнуринское водохранилище многолетнего регулирования имеет комплексное назначение, где полезная емкость составляет 179,8 млн. м³.

Самаркандское водохранилище является крупнейшим источником водоснабжения в городах Караганда и Темиртау, которое осуществляет долгосрочное регулирование сточных вод. С приходом ертысской воды в Самаркандское водохранилище поступило уменьшенная с 197 млн. м³ до 100,2 млн. м³. Его рабочая призма в основном использовалась для сезонного перераспределения воды. Полезная емкость составляет от 0,9 млн. м³ до 28 млн. м³. Мелкие водохранилища в основном используются для орошения.

В рассматриваемом регионе имеется множество прудов, используемых для обводнения пастбищ, регулярного полива.

Река Нура и другие реки бассейна реки Нура характеризуются большим неравномерным распределением стока как в течение года, так и из года в год. Еще одной особенностью течения реки Нура, негативно влияющей на использование реки в отраслях экономики, является тенденция к консолидации маловодных лет. Период 1930-х и 1940-х годов был особенно маловодным.

Река Нура является естественным путем подачи воды из Иртыша в бассейн реки Сарысу (Карагандинская область) и в бассейн реки Есиль (Акмолинская область) в главные водосборники каналов Нура – Сарысу и других рек этой территории является большое неравномерное распределение стока как в течение года, так и из года в год. Еще одной особенностью течения реки Нура, негативно влияющей на использование реки в отраслях экономики, является тенденция к консолидации маловодных лет. Период 1930-х и 1940-х годов был особенно маловодным.

Река Нура является естественным трактом водоподачи ертысской воды к головным водозаборам каналов: Нура – Сарысу для подачи воды в бассейн реки Сарысу (Карагандинская область) и Нура – Есиль – для водоподачи в бассейн реки Есиль (Акмолинская область).

Общий объем стока рек бассейна реки Нура и озера Тениз составляет 941 млн. м³ в год, в том числе 682 млн. м³ формируется в бассейне реки Нура, остальные 259 млн. м³ приходятся на долю стока других рек бассейна озера Тениз.

Всего поверхностные водные ресурсы рассматриваемой области оцениваются в 1018 млн. м³. Средний модульный коэффициент за этот период близок к единице.

Внутригодовое распределение стока прочих рек, впадающих в озеро Тениз (Куланотпес, Кон, Кирей), и рек, впадающих в озеро Карасор (Талды, Жарлы, Жарым и другие), неблагоприятно для использования их стока в отраслях экономики, так как почти весь годовой сток проходит за короткий период весеннего половодья. На этих реках также нет достаточно крупных водохранилищ. Все это определяет основное

направление использования стока – лиманное орошение. Требования на воду других потребителей (сельскохозяйственное водоснабжение, обводнение пастбищ и другие) малы и покрываются, главным образом, за счет прудов, прудо-копаней, плесов, озер.

В настоящее время расходуется в бассейне на нужды отраслей экономики 48,4 млн. в год. м³ грунтовых вод, что составляет чуть более 13 % разведанных общих эксплуатационных запасов подземных вод. Качество грунтовых вод во многом зависит от степени загрязнения рек, почвы, атмосферы, способности почвы самоочищаться, защищенности водоносных горизонтов и других факторов. В результате многолетнего наблюдения за загрязнением подземных вод в бассейне наблюдается постепенное ухудшение их качества.

Средние ИЗВ по загрязнению водных объектов колеблются от 0,87 до 1,2 и относятся к 3 классу, умеренно-загрязненные, БПК составляет 5–2,0 мг/л. Характерной особенностью гидрографии бассейна реки Сарысу является редкая речная сеть и относительно большое количество временных водотоков, имеющих сток только в период весеннего снеготаяния (рис. 2).

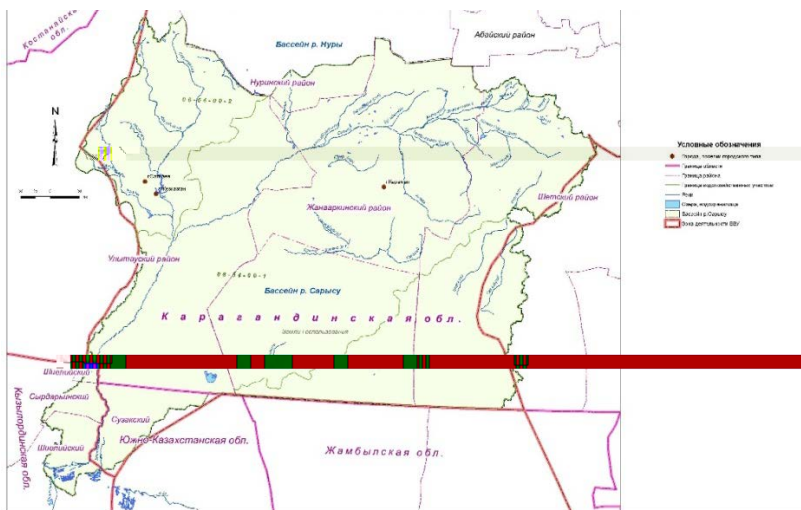


Рис. 2. Бассейн реки Сарысу

Реки бассейна реки Сарысу характеризуются большой изменчивостью годового стока, резко выраженным пиком весеннего половодья и низкой меженью, что в значительной степени осложняет их использование в отраслях экономики. Поверхностные водные ресурсы бассейна рек Сарысу оцениваются в 348 млн. м³. Поверхностные водные ресурсы бассейнов рек Нура и Сарысу составляют 1366 млн. м³. Бассейн реки Сарысу расположен в основном на небольших холмах Центрального Казахстана (Сарыарк). Южная часть бассейна расположена на пустынном плато Бетпак – Дала. В западной части водораздел-горы Улытау, высотой до 1135 м, а на востоке- низкогорный массив Каркаралы – Актау и Бугылы.

Современный рельеф малых холмов Центрального Казахстана – равнина с горами и холмами. Наличие низкогорного рельефа в восточной и западной частях территории, понижение рельефа на запад и юг определяют основное направление течения реки Сарысу от центра к периферии.

На юго-востоке склоны горного хребта Каркаралы – Актау круто спускаются и переходят на северное Балхашское плато. Это место в основном плоское, с редкими небольшими возвышенностями и изолированными холмами. Преобладающий рельеф плато Бетпак – Дала представляет собой плоскую равнину, над которой возвышаются невысокие глинистые увалы.

Бассейн реки Сарысу не отличается разнообразием природных ландшафтов. Здесь последовательно сменяются три зоны с севера на юг: сухая (степь), полусасушливая (полупустыня) и сухая (северная пустыня). Территория бассейна реки Сарысу характеризуется резко континентальным и засушливым климатом. Среднегодовая температура воздуха на севере рассматриваемой территории составляет $3,2 \div 3,5$ °C, а на юге – $5,1 \div 6,5$ °C. В связи с изрезанностью рельефа местности, закономерное возрастание температуры воздуха с севера на юг часто нарушается. В более высоких частях бассейна среднегодовая температура воздуха составляет от 0 до 2 °C.

Атмосферные осадки на рассматриваемой территории распределяются неравномерно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление // Т. VII: Ресурсы речного стока Казахстана. / под науч. ред. Р. И. Гальперина. – Кн. 1: Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана – 684 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОРОШЕНИЯ

А. Т. Козыкеева¹, д-р техн. наук, профессор

А. О. Жатканбаева², PhD, доцент

Ф. Ф. Самидолда¹, магистрант

¹Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
г. Алматы, Казахстан

²Таразский региональный университет им. М. Х. Дулати,
г. Тараз, Казахстан

Ключевые слова: водосберегающая, технология, технические средства, орошение, капельное, микродождевание, аэрозольное, внутрипочвенное, синхронно-импульсное дождевание.

Аннотация. Дан анализ применения водосберегающих технологий и технических средств, обеспечивающих повышение эффективности использования водных ресурсов.

Keywords: water-saving, technology, technical means, irrigation, drip, micro-irrigation, aerosol, subsurface, synchronous pulse sprinkling.

Summary: The analysis of the use of water-saving technologies and technical means to improve the efficiency of water resources use is given.

В Республике Казахстан в сельском хозяйстве сейчас используются 1,4 млн. га орошаемых земель, из которых значительная часть, т. е. 1,2 млн. га расположены в южных регионах, так как их природно-климатические условия и потенциал дают возможность получить высокие урожайности сельскохозяйственных культур. Из-за отсутствия источников водоснабжения многие земли используются как богарные, поэтому необходимо вернуть в оборот 610 тыс. га орошаемых земель, а также дополнительно ввести в оборот 1,5 млн. га новых орошаемых площадей. Потенциальные возможности использования водосберегающих технологий и технических средств орошения и введение в сельскохозяйственный оборот новых земельных площадей, несомненно, имеют стратегическое значение в аспекте увеличения производства продовольствия. Увеличение размеров пахотных земель на 20 % привело бы к увеличению сельскохозяйственного производства более чем на 20 % на базе использования водных ресурсов и высокоурожайных сортов сельскохозяйственных культур.

В своем выступлении на саммите ООН по продовольственным системам Касым-Жомарт Токаев отметил, «с целью добиться более эффективного использования земельных и водных ресурсов мы принимаем меры по повышению плодородия земель, внедрению водосберегающих технологий и цифровизации водопроводящих систем. Стало совершенно очевидным, что, когда речь идет об устойчивых продовольственных системах, проблемы водной дипломатии становятся актуальными и даже приобретают критическое значение для многих стран. Вопросы, связанные с продовольственными системами и управлением водными ресурсами, включая использования трансграничных рек, неразрывно связаны между собой. Это должно быть отражено в соглашениях о продовольственных системах» [1].

Казахстан расположен в зоне рискованного земледелия, подверженный влиянию засушливого климата, а водный потенциал на 40 % зависит от трансграничных водных ресурсов. Из-за не в полной мере использования водных ресурсов урожайность на орошаемых площадях не достигает возможной величины. Доля отрасли «сельское хозяйство» в водохозяйственном балансе составляет 67 %. Вода является основным фактором развития сельскохозяйственного производства. Принимая во внимание вышеуказанное увеличение площадей орошаемых земель может быть только с использованием внедрения водосберегающих технологий и технических средств орошения при мелиорации, взамен часто применяемого поверхностного способа орошения. Поэтому применение водосберегающих технологий и технических средств обеспечивают повышение эффективности использования водных ресурсов.

На основе анализа многолетних информационно-аналитических материалов метеорологических станций РГП «Казгидромет» в южных регионах Казахстана, где преобладает жаркий и сухой климат, наиболее перспективными водосберегающими технологиями и технических средств орошения являются капельное орошение, микродождевание, синхронное и аэрозольное дождевание и внутрипочвенное орошение, в результате применения которых можно регулировать микроклимат сельскохозяйственных культур и влажность почвы. Объем воды, подаваемой водосберегающими способами орошения, соответствует впитывающей способности почвы и равный параметру суточной эвапотранспирации за межполивной период, и подача воды производится с небольшими перерывами в зависимости от режима орошения сельско-

хозяйственных культур. В настоящее время первостепенное значение придается экологически безопасным и водосберегающим способам полива и техническим средствам орошения во многих странах, где наблюдается дефицит оросительной воды, так как снижение или полное отсутствие непроизводительных потерь воды на испарение, глубинный и поверхностный сброс, повышение урожайности сельскохозяйственных культур на 20–30 %, применения при близком залегании грунтовых вод и на склоновых землях, характеризуют их как безотходную, экологически безопасную технологию полива, соответствующую требованиям точного и устойчивого земледелия.

Микродождевание характеризуется низкоинтенсивной, прерывистой или непрерывной подачей оросительной воды и растворенных в ней элементов питания на орошаемую площадь, т. е. это способ орошения, при котором воду распыляют в виде мелких капель на площади ограниченной зоной распространения корневой системой или кроной растения, расходом, не превышающим впитывающую способность почвы, а при обычном дождевании интенсивность искусственных осадков не должна превышать на тяжелых почвах 0,1–0,15 мм/мин, на средних – 0,1–0,2 мм/мин и на легких – 0,5–0,8 мм/мин [2].

Синхронно-импульсное дождевание является одним из разновидностей дождевания и используется для получения максимального рассредоточения поливного тока и низкой интенсивности дождя на протяжении всей вегетации растений, подающий оросительную воду на орошаемые поля в соответствии с водопотреблением сельскохозяйственных культур и применяют для орошения многолетних ландшафтных насаждений, кормовых и других сельскохозяйственных культур на участках со сложным рельефом, а также на почвах, подстилающих сильно фильтрующими грунтами при скорости ветра менее 5 м/с.

Аэрозольное орошение предназначено для увеличения влажности приземного слоя воздуха и уменьшения температуры листьев растений при неблагоприятных состояниях внешней среды (воздушные засухи и суховеи), при этом в результате испарения диспергированной воды происходит охлаждение растений. При аэрозольном дождевании вода распыляется на мелкие капли размером 50...300 мкм, которые хорошо удерживаются на листовой поверхности растений и остаются до полного испарения, его еще называют туманным или мелкодисперсным орошением. Во время этого процесса повышается относительная влажность воздуха и снижается температура листовой поверхности, который способствует активизации процесса фотосинтеза, сокращает

расход влаги на суммарное водопотребление, защищает растения от атмосферной засухи, и повышает урожайность растений [3].

Внутрипочвенное орошение – один из способов орошения, при котором вода поступает непосредственно в зону распространения основной массы поглощающих корней из системы увлажнителей (перфорированных, пористых или с очаговыми увлажнителями), уложенных ниже поверхности земли, при этом поверхность почвы практически не смачивается, что резко снижает потери воды на физическое испарение и способствует сохранению структуры почвы, за счет сокращения после поливных обработок. Для этого принимают водопроницаемые трубы – увлажнители или кротовины, которые на близком расстоянии друг от друга расположены в подпахотном слое почвы. В отличие от капельного орошения здесь воду в корневую зону вводят не с поверхности почвы, а с глубины заложения трубок-увлажнителей. Перфорация увлажнителей должна обеспечить требуемый расход воды на единицу длины увлажнителя при расчетном напоре. Отверстия на увлажнительных трубах устраивают через 50–100 мм – круглые, диаметром 1–2 мм, и через 200–400 – щелевые с длиной щели 40 мм. Воду в трубы-увлажнители можно подавать под небольшим напором до 10 м, без напора и при вакууме в трубках-увлажнителях, из-за преобладания восходящего передвижения влаги, питательные вещества не вымываются из верхних слоев почвы. Следовательно, эту систему внутрипочвенного орошения называют напорной, безнапорной и вакуумной.

Капельное орошение – это прогрессивный способ орошения, при котором оросительная вода через микроводовыпусков-капельниц по трубопроводам подается малыми каплями, не превышающих впитывающую способность почвы, непосредственно в корнеобитаемую зону сельскохозяйственных культур в соответствии с их физиологическими потребностями (расход их 0,2–1,0 л/ч при напоре $H = 8–28$ м) и является особой разновидностью внутрипочвенного орошения. Преимуществом этого полива является: экономия оросительной воды, локальное увлажнение почвы, возможность подачи вместе с оросительной водой удобрений, небольшие энергозатраты, нет необходимости в планировке и в строительстве дренажа. Но вместе с тем имеются и недостатки этого способа полива: закупорка малых диаметров отверстий капельниц примесями и отложениями солей, неравномерность распределения воды при значительных площадях системы, не регулируется микроклимат, повреждение пластмассовых трубопроводов грызунами и высокая первоначальная стоимость.

В настоящее время капельное орошение применяется во многих странах мира на площади более 1 млн. га, из которых 380 тыс. га приходится на долю США и 90 тыс. га на долю Израиля [4;5].

Исследованиями ученых стран СНГ, установлено, что главные технологические достоинства и особенности капельного орошения – это возможность дозированной подачи растениям поливной воды, элементов минерального питания, химмелиорантов, а также локального характера увлажнения почвогрунтов, отвечающего требованиям ресурсосбережения и экологической безопасности орошения. Основные составляющие технологии капельного орошения, такие как расходы капельниц, количество, взаимное расположение, продолжительность полива и межполивного периода, объем и степень увлажнения почвогрунтов, поливные и оросительные нормы и др. приводятся здесь, как установленные величины. Для совершенствования технологии капельного орошения сельскохозяйственных культур в основном необходимо добиваться повышения надежности водоподачи. При этом главным критерием является оценка равномерности распределения влаги различными устройствами в системе капельного орошения с учетом показателей надежности и правильный выбор методики исследований.

Полевые опыты по изучению влияния систем капельного орошения на рост, развитие и плодоношение яблоневого сада проводились по рекомендации В. Г. Веденяпина, Б. А. Доспехова и другие.

Для экспериментального исследования был заложен опытный участок № 1 с вариантами:

Вариант 1 – полив по бороздам (контроль);

Вариант 2 – полив низконапорной капельной системой.

Для контрольного варианта полевого опыта в целях сравнения результатов исследований при поливе низконапорной капельной системой можно принять бороздковый полив и известную напорно-капельную систему орошения.

Принятие напорной капельной системы орошения (существующая в настоящее время) в качестве контрольного варианта показало бы только материальное преимущество низконапорной капельной системы орошения, а не водосберегающее преимущество. Затраты материальных средств на строительство напорной и низконапорной капельной системы орошения известны по конструкции систем: напорная капельная система орошения: состоит из насосных станций, очистных фильтров, напорных

труб и капельниц; а низконапорная (предлагаемая система) состоит из безнапорного задающего устройства безнапорных труб и капельниц.

Расход капельниц одинаков и принцип увлажнения почвы одинаков, поэтому, отличия в технологии орошения, не имеются. Поэтому в качестве контрольного варианта был принят традиционный широко распространенный способ полива – бороздковый. При бороздковом поливе увлажняется вся поверхность орошаемого участка, а при капельном происходит локальное увлажнение, что приводит к водосбережению.

Посадка томатов осуществлялась рассадой в начале мая по междурядьям 70 см и с расстоянием в ряду 40 см. Поливы осуществлялись низконапорной капельной системой (вариант 2) и по бороздам (вариант 1).

Площадь делянки 28 м². Повторность опыта 3-кратная. В каждом варианте имелось по 100 растений томата, расположенных в два ряда.

Для изучения контура увлажнения, развития корневой системы и продолжительности полива был заложен лизиметрический опыт (опытный участок № 2) с шестью вариантами (рис. 2):

- 2а – полив с одной капельницей при 70 % НВ;
- 2б – полив с двумя капельницами при 70 % НВ;
- 2в – полив с одной капельницей при 80 % НВ;
- 2г – полив с двумя капельницами при 80 % НВ;
- 2д – полив с одной капельницей при 90 % НВ;
- 2ж – полив с двумя капельницами при 90 % НВ.

Лизиметр, где изучались контуры увлажнения и развития корневой системы томата был изготовлен из прямоугольной формы, с открытыми верхними и донными частями. Он заполнялся грунтом естественной плотности и разделялся на две секции. Ширина каждой секции составляет по 50 см. В каждой секции было посажено по 5 штук растений томата.

Основной задачей было определение глубины увлажнения, контура увлажнения и продолжительности полива при различных количествах капельниц. Такой порядок проведения опытов позволял маневрировать числом водоподающих капельниц и выбрать оптимальное количество капельниц для осуществления рационального режима орошения.

Исследования по химическому и водно-физическому составу почвы проводились весной. Образцы почвы отбирались послойно через каждые 0–10, 10–20, 20–30, 30–40, 40–50, 50–60 см, далее через 20–100 см в трехкратной повторности.

Реакция почвенного раствора (рН), щелочность, окисляемость, общий азот (N), аммонийный и нитратный сульфаты (SO_4) хлориды (Cl) определялись по методике Ю. Ю. Лурье и А. И. Рыбниковой. Содержание кальция (Ca) и магния (Mg) – комплексно-метрическим методом, калия (K) и натрия (Na) – на пламенном фотомере.

Образцы на объемную массу были взяты послойно с трехкратной повторностью с глубин 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100 см с помощью полевой лаборатории Литвинова (ППЛ-9).

При определении объемной массы почвенные образцы взвешивались с точностью до 1,0 г (Р), затем размельчались, перемешивались. Затем почвенные пробы по 15–20 г размещались в обычные алюминиевые бюксы и определялись влажности (В).

Влажность почвы фиксировалась термостатным весовым методом. Образцы почв отбирались с горизонтов 0–10, 10–20, 20–30, 30–40, 40–60, 60–80, 80–100 см в 3-кратной повторности.

Фактический расход воды растением (транспирация) устанавливалась ежедневно путем измерения расхода воды из емкости, согласно тарировочному делению. Каждый месяц по одному дню в декаде проводилось 24-часовое наблюдение за расходом воды в емкости.

Полив начался в день, когда влажность почвы опускалась до 70 % НВ (перед первым поливом). С этого дня начинался также учет расхода воды в емкости. Водопроницаемость вычислялась по формуле:

$$K = W_n / V \cdot t, \text{ мм/мин},$$

где W_n – объем поданной воды, л;

V – учетная площадь, м^2 ;

t – время залива, мин

Наблюдения за ростом, развитием и учета урожая томата проводили по методологическим положениям через каждые 15 дней, при этом определялась высота надземной части от поверхности почвы до верха. Замеры высоты производились обычной мерной рейкой. Производился также учет количества листьев и плодов. Отмечались фазы развития томата. Учет густоты стояния растений производился два раза: первый раз на 10 день после прорывки, второй – перед уборкой. Уборка урожая производилась раздельно по вариантам.

Учет воды в борозде производили треугольными водосливами, установленными в голове и через каждые 50 м по длине борозды. Полив проводился переменной струей в 0,5–0,2 л/с. Объем поданной воды в борозды определяли расчетным путем по формуле:

$$W_{\text{бор}} = q \cdot t$$

где $W_{\text{бор}}$ – объем воды в борозде, л;

q – расход воды борозды, л/с;

t – продолжительность полива, с.

Общий объем увлажненного контура эллиптической параболоиды (V) определялся согласно опытным данным по зависимости:

$$W = 0,5 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot h = 1,570796 \cdot R^2 \cdot h,$$

где h – высота эллиптической параболоиды;

R – радиус эллиптической параболоиды.

С другой стороны, высоту эллиптической параболоиды (h) можно определить на основе слоя впитывания воды в почву в процессе капельного орошения по формуле [86]:

$$h = [(\beta_{\text{нв}} - \beta_i) / (\beta_{\text{нв}} - \beta_o)] [(V_o - K_{\text{ф}}) / K_b] [1 - \exp(-K_b \cdot t)] + K_{\text{ф}} \cdot t,$$

где $K_{\text{ф}}$ – коэффициент фильтрации почвы при полном насыщении;

β_i – начальная влажность почвы;

$\beta_{\text{нв}}$ – наименьшая влажность почвы;

β_o – содержание связанной влаги в единице объема почвы, принимаемое равным максимальной молекулярной влагоемкости;

V_o – скорость впитывания в конце первого часа;

K_b – коэффициент, зависящий от свойства и влажности почвы;

t – время впитывания воды в почву.

Количество воды, м³, необходимое для создания расчетного контура увлажнения под одно растение, можно определить по формуле:

$$m_{\text{н}} = W \cdot d \cdot (\beta_{\text{нв}} - \beta_i) / 100,$$

где W – общий объем увлажненного контура, м³;

d – объемная масса почвы, кг/м³;

β_i – предполивная влажность почвы, в % от НВ.

Расчетная продолжительность полива (t_k) определяется отношением индивидуальной поливной нормы ($m_{\text{н}}$) к норме расхода капельницы (q_k): $t_k = m_{\text{н}} / q_k$.

Межполивной период ($T_{\text{мп}}$) можно определить как отношение поливной нормы (m_p) к среднесуточному водопотреблению (транспирационной способности) растений ($\Delta E_{\text{ср}} = T$): $T_{\text{мп}} = m_p / T$.

За основные критерии оценки результатов опыта приняты: урожайность, качество продукции, оросительной воды и экономические показатели. Применение различных водосберегающих технологий и технических средств орошения показывает, что они очень эффективны на склоновых землях и на участках сложной конфигурации. Обобщение разработок технических средств и технологий водосберегательных способов орошения имеет большое значение для развития орошения в различных регионах, где обеспечивается сохранение структуры почвы, процессы, происходящие в почве, не являются стрессовыми и происходят в благоприятных условиях для формирования плодородия почвы. Низкоинтенсивное орошение полностью исключает образование луж на поверхности почвы, предотвращает эрозию почвы. Небольшой диапазон измерений влажности создает условия, исключающие перенос солей в верхние горизонты почвы и их засоление. Оптимальный диапазон влажности почвы позволяет сохранить часть естественных осадков в активном влагообменном слое.

Таким образом, на современном этапе развития сельскохозяйственного производства капельное орошение можно отнести к основному перспективному направлению в области ирригационных технологий. В то же время сочетание технологий капельного орошения и дождевания низкой интенсивности позволяет использовать усовершенствованную систему орошения, обеспечивающую улучшенные условия для роста и развития растений, что положительно сказывается на решении вопросов продовольственной безопасности населения при одновременной экономии водных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Токаев: Водный потенциал Казахстана на 40% зависит от притока воды из соседних стран [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nur.kz/politics/kazakhstan/1933663-tokaev-vystupil-na-sammite-on-po-prodovolstvennym-sistemam/>. – Дата доступа: 11.03.2023.
2. Микродождевание: особенности технологии и численный эксперимент инфильтрации воды в почву [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/mikrodozhdevanie-osobennosti-tehnologii-i-chislennyy-eksperiment-infiltratsii-vody-v-pochvu?ysclid=ld1druxbnf263024412>. – Дата доступа: 11.03.2023.
3. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения: справ. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 264 с.

4. Goldberg, D. Irrigation methods and techniques in Izrail. – The Citrus Grower and Subtropical Fruit Journal. – 1972. – № 1. – 18 p.

5. De Remer E. D. A simple method of drip irrigation // Irrigation Journal. – 1972. – V. 6. – № 3. – P. 10–15.

УДК 631.6

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕЕ РАБОТЫ

А. А. Константинов, аспирант кафедры МиВХ

В. М. Лукашевич, канд. с.-х. наук, доцент кафедры МиВХ
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: овощи, капельное орошение, контур увлажнения, расход капельницы, продолжительность полива.

Аннотация. При капельном орошении овощей целесообразно увлажнять объем почвы, расположенный в пределах проекции листьев на глубину 0,2–0,4 м. Целесообразно увеличивать расход капельницы и сокращать продолжительность полива, что предотвратит значительное глубинное промачивание и улучшит аэрацию увлажняемого слоя.

Keywords: vegetables, drip irrigation, humidification contour, dropper consumption, irrigation duration.

Summary: With drip irrigation of vegetables, it is advisable to moisten the volume of soil located within the projection of the leaves to a depth of 0.2–0.4 m. It is advisable to increase the flow rate of the dropper and shorten the duration of watering, which will prevent significant deep soaking and improve aeration of the moistened layer.

Полевые и лабораторные исследования проводились в лабораториях кафедры МиВХ и опытном поле УО БГСХА.

Как известно из литературных источников, основная масса корней у овощных культур располагается на глубине 0,1–0,4 м, а в радиальном направлении – в проекции листьев. Площадь, выходящую за границу проекции листьев, увлажнять нецелесообразно [1].

Влажность почвы в зоне увлажнения при капельном орошении необходимо поддерживать для почв тяжелого механического состава на уровне 70–80 % от НВ.

Наибольший эффект от капельного орошения получают только при поливе тех растений, у которых иссушение почвы в приделах корнеобитаемого слоя происходит в соответствии с характером увлажнения почвы, если этого нет, то целесообразно применение других способов полива, так как при капельном орошении оптимальные условия водного режима возможны только в пределах контура увлажнения [2].

Основными элементами капельного полива являются поливная норма, продолжительность подачи воды, оросительная норма, расход капельницы, расстояние между капельницами, контур увлажнения, равномерность распределения оросительной воды [3].

Объем увлажненного грунта определяется размерами увлажненного пятна поверхности почвы и глубиной увлажнения. Форма и размер зависит от водно-физических свойств почвы, предполивной его влажности, количество поданной воды и времени подачи.

Установление размеров контура увлажнения является одним из главных вопросов при разработке режимов капельного орошения.

При поливе слабопроницаемых почв форма контура увлажнения, вытянутая в горизонтальном направлении, в песчаных почвах контур вытянут в вертикальном направлении. Резко меняется контур увлажнения на значительных уклонах местности, он становится не семеричным, смещается в сторону наибольшего уклона. При этом не достигается равномерное увлажнение основной массы корневой системы.

Следует отметить, что прерывистое капельное орошение обеспечивает увлажнение большего объема почвы, чем непрерывное. Прерывистый метод наиболее целесообразен на почвах с тяжелым механическим составом. Выявлено, что чем больше расход капельницы, тем больше размер контура увлажнения, как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. Аналогичное влияние на величину диаметра контура увлажнения оказывает продолжительность полива. Целесообразно увеличивать расход капельницы и сокращать продолжительность полива, что предотвратит значительное глубинное промачивание и улучшит аэрацию увлажняемого слоя.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что максимальный урожай овощных культур можно получить при периодических поливах малыми нормами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попков, В. А. Овощеводство Беларуси / В. А. Попков. – Минск: Наша Идея, 2011. – 1088 с.

2. Нестерова, Г. С. Капельное орошение: обзорная информация / Г. С. Нестерова, И. С. Зоин, Е. А. Вейсман. – М.: ЦБНТИ, 1973. – 62 с.

3. Алиев, Б. Г. Техника и технология малоинтенсивного орошения в условиях горного региона Азербайджана / Б. Г. Алиев, И. Л. Алиев. – Баку, 1999. – 218 с.

УДК 631.67:631.4

ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

В. В. Копытовский, канд. с.-х. наук, доцент кафедры МиВХ
А. А. Масленков, студент мелиоративно-строительного факультета
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: орошение земель, животноводческие стоки, водный режим, нормы орошения, поглощающий дренаж, агромелиоративные мероприятия.

Аннотация: В статье показано, что динамика водного баланса имеет следующие особенности. Прежде всего, проведенные агромелиоративные мероприятия способствовали оптимальному перераспределению влаги в почве и эффективному её использованию. В вариантах с удобрительно-увлажнительными поливами полученный дефицит влаги в вегетационный период составлял не более 8,5 % от расчетного водопотребления.

Keywords: land irrigation, livestock runoff, water regime, irrigation norms, absorbing drainage, agromeliorative measures.

Summary: The article shows that the dynamics of the water balance has the following features. First of all, the agro-reclamation measures carried out contributed to the optimal redistribution of moisture in the soil and its effective use. In variants with fertilizing and humidifying irrigation, the resulting moisture deficit during the growing season was no more than 8.5% of the estimated water consumption.

Введение. В настоящее время для утилизации и обезвреживания животноводческих стоков применяют различные технологии [1, 5, 6, 7, 8, 9]. Одной из них является использование стоков для удобрительного орошения сельскохозяйственных культур. Для реализации этой технологии при животноводческих комплексах построены специализированные водооборотные мелиоративные системы. Водный режим на

специализированных оросительных системах формируется с учетом того, что навозные стоки, поступающие непрерывно, должны быть использованы для орошения независимо от условий естественной влагообеспеченности атмосферными осадками [2, 3, 4].

Материалы и методика исследований. Экспериментальные исследования были проведены в 2022 году на опытном участке в РСУП СГЦ «Заднепровский» Оршанского района Витебской области. Площадь оросительной системы составляет 1199 гектаров. Орошение производится широкозахватными колесными установками ДКН-80 и дальнеструйными дождевальными аппаратами ДД-30.

При разработке схем опытов учитывалось современное состояние проблемы рационального использования земельных и водных ресурсов с учетом требований охраны окружающей природной среды.

На основании анализа литературных данных для изучения работоспособности поглощающего дренажа в сочетании с агромелиоративными мероприятиями при орошении животноводческими стоками опыты были проведены по схеме, представленной в табл. 1.

Таблица 1. Схема опыта по изучению работоспособности поглощающего дренажа и агромелиоративных мероприятий

№ вариантов	Вид агромелиоративной обработки
1	Без орошения стоками и мелиоративных мероприятий (абсолютный контроль)
2	Орошение стоками без мелиоративных мероприятий (контроль)
3	Орошение стоками + поглощающий дренаж
4	Орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с почвоуглублением на 30 см
5	Орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с рыхлением на глубину 60 см
6	Орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с внесением соломы в почву в количестве 4 т/га
7	Орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с почвоуглублением и внесением соломы в почву в количестве 4 т/га
8	Орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с рыхлением на глубину 60 см и внесением соломы в почву в количестве 4 т/га

С целью получения достоверных данных исследования проведены в четырехкратной повторности.

Результаты исследования и их обсуждение. Варианты опыта характеризовались следующими параметрами. В варианте 1 обработка поч-

вы и поливы не проводились. В варианте 2 обработка почвы не проводилась, но осуществлялись поливы стоками.

При назначении норм и сроков поливов исходят из необходимости соблюдения ряда требований.

Применительно к принятой схеме опыта эти требования сводились к тому, что годовая норма внесения стоков за сезон не должна превышать 280 кг/га по азоту (N) с учетом изменения его концентрации на протяжении вегетационного периода, а внесение этой нормы должно производиться дробно. Это достигалось различным сочетанием удобрительных, удобрительно-увлажнительных и увлажнительных поливов.

Из анализа полученных метеоданных следует, что вегетационный период 2022 года характеризовался неравномерным выпадением атмосферных осадков по месяцам и декадам. Наибольшее их количество выпало в третьей декаде июня, второй декаде июля, а также во второй декаде августа. Выпадающие осадки чаще всего были непродолжительными во времени и носили ливневый характер.

Систематическое определение влагозапасов почвы позволило установить, что они наиболее динамичны в верхнем 50-сантиметровом слое, а к моменту возобновления вегетации трав в 2021 г. находились на уровне 85 % НВ.

В соответствии с принятой схемой утилизации навозных стоков первый удобрительный полив стоками был проведен 26 апреля нормой 25 мм. Проведенный полив и относительно высокая температура воздуха в дневное время способствовали дружному отрастанию трав. К началу третьей декады мая влажность почвы в варианте орошения приблизилась к нижнему предполивному порогу, и, в связи с этим, 21 мая был проведен второй полив нормой 25 мм. В дальнейшем в вариантах орошения поливы были проведены в следующие сроки: 17 июня, 14 июля поливной нормой 25 и 24 мм. Последний удобрительный полив навозными стоками был проведен 7 августа нормой 21 мм. Этот полив не оказал существенного влияния на динамику влажности, а преследовал цель создать в почве определенный запас питательных веществ, необходимый для перезимовки многолетних трав.

Таким образом, в условиях 2022 г. утилизация принятой нормы внесения стоков была обеспечена за счет проведения 3 удобрительных и 2 увлажнительных поливов (табл. 2).

Таблица 2. **Нормы орошения многолетних трав на оросительной системе РСУП СГЦ «Заднепровский» 2022 г., мм**

Сумма осадков, мм	Общая норма, мм	Среднегодовая концентрация азота в стоках, мг/л	Виды поливов	
			Удобрительные	Увлажнительные
223	120 (5)	0,392	71 (3)	49 (2)

Примечание. В скобках указано количество поливов.

В табл. 3 приведены нормы орошения и сроки проведения поливов. Приведенные в этой таблице нормы орошения были установлены суммированием поливных норм. При этом в вариантах орошения учитывались все виды поливов (удобрительные и увлажнительные).

Таблица 3. **Нормы орошения и сроки поливов за период исследований**

Год	Количество осадков, мм	Сроки и нормы (мм) поливов	Нормы орошения, мм
2022	223	<u>26.04, 21.05, 17.06, 14.07, 07.08.</u> 25 25 25 24 21	120

Примечание. Жирным шрифтом указаны удобрительные поливы.

Таким образом, в зависимости от тепловлагообеспеченности вегетационного периода при утилизации животноводческих стоков при норме азота 280 кг/га и создания оптимального водного режима в корнеобитаемом слое почвы в течение вегетации потребовалось проведение пяти поливов нормами 21–25 мм. Оросительная норма при этом составила 120 мм.

Заключение. Анализируя динамику водного баланса в 2022 г., следует отметить следующие особенности. Прежде всего, проведенные агромелиоративные мероприятия способствовали оптимальному перераспределению влаги в почве и эффективному ее использованию. Недостаток влаги колебался от 32,4 до 43,1 мм в орошаемых вариантах, а в первом (контрольном) варианте, где орошение не проводилось, он увеличился до 153,3 мм. Проведенные поливы при оросительной норме за вегетацию 120 мм на всех орошаемых вариантах значительно снизили напряженность водного режима. В зависимости от варианта обработки недостаток влаги колебался незначительно. В целом в вариантах с удобрительно-увлажнительными поливами полученный дефицит влаги в вегетационный период составлял не более 8,5 % от расчетного водопотребления. Следует отметить, что агромелиоративные

мероприятия и поглощающей дренаж способствовали большому использованию запасов влаги из расчетного слоя почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Желязко, В. И. Использование бесподстилочного навоза на мелиорируемых агроландшафтах Нечерноземья: монография / В. И. Желязко, П. Ф. Тиво, Ю. А. Мажайский. – Рязань: мещерский ф-л Всерос. НИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, 2006. – 304 с.
2. Желязко, В. И. Методика расчета норм орошения многолетних трав на техногенно загрязненных землях / В. И. Желязко // Вестник Белорус. гос. сельхоз. акад. – 2004. – № 1. – С. 55–58.
3. Желязко, В. И. Эколого-мелиоративные основы орошения земель стоками свиноводческих комплексов / В. И. Желязко. – Горки: БГСХА, 2003. – 168 с.
4. Максименко, В. П. Рекультивация почв сельскохозяйственных земель, подвергающихся уплотнению / В. П. Максименко, Т. Л. Волчкова // Практика ре-культивации загрязненных и нарушенных земель; под ред. Ю. А. Мажайского. – 2-е изд., испр. и доп. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2013. – С. 273–300.
5. Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования. ТКП 45-3.04-8-2005 (02250). – Минск, 2006. – 105 с.
6. Овцов, Л. П. Плодородие дерново-подзолистых почв при длительном орошении животноводческими стоками /Л. П. Овцов, В. А. Михеев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2002. – № 5. – С. 16–18.
7. Овцов, Л. П. Экологическая оценка осадков сточных вод и навозных стоков в агроценозе / Л. П. Овцов. – М.: МГУ, 2000. – 318 с.
8. Саскевич, Л. А. Проблемы утилизации животноводческих стоков /Л. А. Саскевич, П. Ф. Тиво // Земледелие. – 1990. – № 11. – С. 59–61.
9. Тиво, П. Ф. Удобрение злаковых пастбищ жидким / П. Ф. Тиво, Л. А. Зиновенко, Л. А. Саскевич // Мелиорация переувлажненных земель. – 2006. – № 1 (50). – С. 156–161.

УДК 633.31/.37:631.847.2:631.559

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИМБИОТИЧЕСКИХ, АССОЦИАТИВНЫХ И ФОСФАТМОБИЛИЗУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ ДОЖДЕВАНИЕМ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВСТОЕВ ИНТЕНСИВНОГО ТИПА

А. С. Кукреш, канд. с.-х. наук, доцент

Ю. Н. Дуброва, канд. с.-х. наук, доцент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: многолетние травы, бактериальные препараты, орошение дождеванием, минеральные удобрения, биологический азот, клубеньковые бактерии.

Аннотация: В статье представлена перспективная технология возделывания бобово-злаковых травосмесей. Эта технология включает использование бактериальных препаратов на бобово-злаковых травосмесях совместно с применением минеральных удобрений и орошения дождеванием.

Keywords: perennial herbs, bacterial preparations, sprinkling irrigation, mineral fertilizers, biological nitrogen, nodule bacteria.

Summary: The article presents a promising technology of cultivation of legume-cereal grass mixtures. This technology includes the use of bacterial preparations on legume-cereal grass mixtures together with the use of mineral fertilizers and irrigation by sprinkling.

Введение. Значительным условием для роста большинства сельскохозяйственных культур является содержание усвояемого азота, подвижного фосфора. Что относительно азота, то его содержание в почве можно увеличить путем внесения азотных удобрений, либо использовать природные свойства бобовых трав фиксировать атмосферный азот. Бактериальные препараты способствуют активизации процесса фиксации азота из атмосферы и позволяют уменьшить дозы или полностью отказаться от азотных удобрений на кормовых угодьях [1]. Говоря про второй по значимости для растений элемент фосфор то его содержание в почве достаточно высоко, но значительная его часть содержится в труднодоступной для растений форме. Для его мобилизации мы рекомендуем к использованию фосфатмобилизующие препараты, которые способствуют мобилизации данного элемента.

Значительное влияние на процесс фиксации бобовыми травами азота из атмосферы оказывает влажность почвы. По данным исследований группы ученых установлено, что понижение влажности почвы до 35 % от НВ снижает азотфиксирующую способность клевера на 55,8–91,2 % [2, 3, 4]. Оптимальные показатели влажности почвы по данным исследований находятся в пределах 60–75 %НВ. В связи с этим важным элементов в технологии возделывания многолетних трав является регулирование водно-воздушного режима почв с поддержанием наименьшей влагоемкости не ниже 60–75 %.

В Республике Беларусь проведен ряд исследований по изучению использования данного типа препаратов на различных сельскохозяйственных культурах, а также в условиях орошения. Исследования указывают на целесообразность их использования на таких культурах, как клевер луговой, клевер ползучий, люпин узколистый, соя, галега

восточная, однако исследований по изучению применения на сенокосных травостоях бактериальных препаратов в условиях орошения не проводилось.

Методика и материалы исследований. Для решения этих задач нами были проведены исследования по установлению влияния применения диазотрофных и фосфатмобилизующих препаратов и минеральных удобрений, и орошения дождеванием на накопление биологического азота многолетней травосмесью.

Исследуемая травосмесь состояла из клевера лугового, клевера ползучего, тимopheевки луговой, кострца безостого.

Опыт состоял из следующих Блоков: Контроль, фон минерального питания $P_{60}K_{110}$ и орошение, и $P_{60}K_{110} + N_{40}$ + орошение. Каждый блок состоял из четырех вариантов – контроль (без обработки семян), обработка семян бобовых компонентов травосмеси, обработка семян злаковых компонентов, совместная обработка семян бобовых и злаковых трав. В качестве изучаемых препаратов использовали сапронит, азобактерин и фитостимифос.

Семена многолетних трав обрабатывали изучаемыми препаратами с нормой 200 грамм на норму высева на 1 гектар. Орошение производили с поддержанием диапазона наименьшей влажности почвы не ниже 70 % НВ. Орошение производили дождевальной машиной IRRILAND RAPTOR. Полевые опыты, наблюдения, учеты в период вегетации, аналитические анализы выполнены в соответствии с нормативными документами Республики Беларусь.

Результаты и обсуждение. Особым критерием при оценке успешности деятельности бактериальных препаратов является накопление травосмесями биологического азота. Накопление бобово-злаковыми травосмесями биологического азота за счет извлечения его из атмосферного воздуха является ресурсосберегающим приемом и позволяет существенно снизить расходы на применение азотных удобрений, повысить продуктивность этих кормовых угодий, уменьшить загрязнение окружающей среды продуктами деградации минерального азота [5]. Определение данного показателя в опытах мы проводили с помощью балансового метода. В результате определения и расчетов установлено, что применение фона минеральных удобрений и изучаемых бактериальных препаратов положительно повлияло на работу симбиотического аппарата бобовых трав, повысило ассоциативную активность бактерий, и как следствие привело к увеличению выхода биологического азота (таблица).

Накопление биологического азота изучаемыми травостоями, кг/га

Вариант	Годы исследований		В среднем за 2 года
	2019	2020	
Контроль (без удобрений и орошения)			
Без инокуляции	48,1	29,6	38,8
Сапронит	76,0	51,2	63,6
Азобактерии	57,2		

30-06-2021 15:05

35,3 и 34,0 кг/га. Инокуляция семян злаковых трав азобактерином способствует увеличению накопления биологического азота данной травосмесью на фоне $P_{60}K_{110}$ + орошения – на 17,0, на фоне $P_{60}K_{110}$ + N_{40} + орошение – на 20 кг/га.

Исходя из вышесказанного, можно выдвинуть предложение производству использовать при возделывании многолетних сложнокомпонентных бобово-злаковых травосмесей инокуляцию семян бобовых трав бактериальным препаратом сапронит совместно с применением фосфорно-калийных удобрений и производить орошение дождеванием для поддержания оптимальных водно-воздушных условий почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Темирсултанов, Э. Э. Продуктивность агрофитоценозов в зависимости от обогащения их бобовым компонентом и внесение удобрений / Э. Э. Темирсултанов // Кормопроизводство. – 2002. – № 9. – С. 8–13.
2. Корнилов, А. А. Продвижение эспарцета в засушливые и степные районы и роль клубеньковых бактерий / А. А. Корнилов, В. Г. Вергелецкая // Микробиология. – 1952. – № 4. – Т. 20. – С. 423–428.
3. Мишустин, Е. Н. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс / Е. Н. Мишустин, В. К. Шильникова. – М.: Наука, 1973. – 288 с.
4. Bushby, H. V. A. Water status of rhizobia in relation to their susceptibility in dessication and to their protection by montmorillonite / H. V. A. Bushby, K. C. Marschall // J. Gen. Microbiol. – 1977. – Vol. 99. – № 1. – P. 19–27.
5. Коваль, И. М. Применение биопрепаратов на зернобобовых культурах / И. М. Коваль // Ахова раслін. – 2001. – № 6. – С. 20–22.

УДК 004.9:378

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

С. В. Курзенков, канд. техн. наук, доцент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: информационные и коммуникационные технологии в педагогической деятельности.

Аннотация: в данной статье приведен обзор возможностей различных информационно-коммуникационных инструментариев, применяемых на кафедре высшей математики и физики сельскохозяйствен-

ной академии для решения организационных и методических задач учебного процесса.

Keywords: information and communication technologies in pedagogical activity.

Summary: this article provides an overview of the possibilities of various information and communication tools used at the Department of Higher Mathematics and Physics of the Agricultural Academy to solve organizational and methodological problems of the educational process.

Методика преподавания физико-математических дисциплин традиционно ориентирована на непосредственное общение преподавателя с аудиторией, работой у доски с мелом или стилусом. Однако многолетний опыт педагогической работы свидетельствует о том, что в ней имеет место использования возможностей информационно-коммуникационных технологий [1]. При этом эффективно решается ряд организационных и методических задач, таких, например, как:

1) создание оперативной связи между студентами и преподавателем, позволяющей организовать контролируруемую управляемую работу со студентами как в группе, так и индивидуально;

2) хранение больших объемов информации и предоставление возможности дистанционного обращения к ней студентов;

3) дистанционная передача различной учебной информации в режиме реального времени;

4) автоматизация процессов вычислительной и информационно-поисковой деятельности преподавателей и студентов ее анализа;

5) организация консультационной работы со студентами и их самоконтроля усвоения учебного материала.

Остановлюсь на возможности реализации некоторых из них.

На основании своего опыта педагогической деятельности могу констатировать факт, что обратная связь с группами студентов организуется в течение нескольких минут с помощью мессенджера *Viber*. Для этого в *Viber* на мобильном устройстве преподавателя достаточно создать и оформить сообщество, конвертировать ссылку на созданное сообщество в QR-код, а затем размножив и распечатав этот код, предоставить студентам в первые дни начала аудиторных занятий. Студенты, сканируя этот QR-код в *Viber* на своих мобильных устройствах, автоматически присоединяются к созданному преподавателем сообществу и далее руководствуются его требованиями и рекомендациям.

При этом создатель сообщества по существу является его администратором, обладая полным его функционалом: блокирования и ана-

лиза активности его участников, очистки устаревшей информации, ликвидации данного сообщества. В отличие от других формирований мессенджера *Viber* – «сообщество» обладает рядом преимуществ, таких как:

- его участники имеют возможность общения и обмена информацией, не видя контактные телефоны друг друга;
- включенный в сообщество пользователь имеет возможность просматривать всю информацию в нем с момента его создания.

Установленная связь со студентами позволяет преподавателю передать любую информацию своим студентам, выкладывать для них учебные материалы, организовать их опрос и отвечать на их вопросы. После идентификации студентов группы в сообществе этот канал связи позволяет работать со студентами индивидуально.

Еще одним важным преимуществом компьютерных технологий, которым необходимо уметь грамотно пользоваться в современном образовательном процессе, является разнообразие форм представления учебной информации.

Текстовая информация в сочетании с таблицами, графиками, диаграммами, аудио- и видеофрагментами и т. д. только способствует лучшему восприятию и запоминанию учебного материала. Это мнение ведущих педагогов.

При этом компьютер и мобильное устройство уже рассматривается как источник учебной информации, которая может быть представлена в виде электронного учебно-методического комплекса дисциплины, учебника, или учебно-методического пособия. Интерактивность и мобильность работы с такими источниками информации только расширяется. А если наложить на такие материалы голосовые комментарии преподавателя, то учебные материалы приближаются к полноценным аудиторным занятиям со студентами и имеют даже преимущество перед ними, такое как индивидуальный и дифференцированный подход к обучению. Ведь такие материалы конкретный студент может просматривать многократное количество раз до полного их восприятия и усвоения. При этом этот студент не бросается на «амбразуру» знаний, а сопровождается комментариями преподавателя, как «экскурсоводом», для усвоения новых для него понятий и знаний.

На кафедре высшей математики и физики УО БГСХА такие учебные материалы активно создаются и внедряются в учебный процесс математических дисциплин. Для их создания используются офисные программы Microsoft Word и Excel, просмотрщик электронных документов STDU Viwer и аудиоредакторы.

Одним из важных направлений использования информационных технологий является система организации контроля и самоконтроля знаний студентов. Для этого хорошо подходит тестовая компьютеризированная система, к которой, как правило, предъявляются следующие требования: тестовые вопросы и варианты ответов на них должны быть четкими и понятными по содержанию; компьютерный тест должен быть простым в использовании, на экране желательно иметь минимум управляющих кнопок, инструкции-подсказки по действиям обучающегося должны появляться только в нужное время в нужном месте, а не присутствовать на экране постоянно, загромождая его; в тестовую систему должна быть включена оценка степени правильности ответа на каждый заданный обучающемуся вопрос; тестовых вопросов должно быть настолько много, чтобы совокупность этих вопросов охватывала весь материал, который обучающийся должен усвоить; вопросы и варианты возможных ответов должны следовать в случайном порядке.

При обучении математическим дисциплинам наибольший эффект достигается при использовании компьютеров в обучении решению стандартных задач различного класса. Это объясняется тем, что в процессе обучения организуется активный диалог компьютера с пользователем в удобном для него режиме. Обучаемому предлагается задача для решения, тип и сложность которой, он может выбрать самостоятельно. При этом можно воспользоваться различными видами помощи. Если студент не знает, как решать данную задачу, ему может быть продемонстрировано подробное, методически обоснованное решение данной задачи. После этого обучаемый может попытаться решить аналогичную задачу или перейти на более простой уровень решения задач.

Сотрудники кафедры высшей математики и физики УО БГСХА выступают одними из инициаторов и постановщиками задач по разработке и внедрению таких систем в учебный процесс Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. Их реализацией в УО БГСХА занимается центр развития информационных технологий. Сотрудниками этого центра разработан комплекс программ по осуществлению электронного тестового контроля знаний студентов внутри локальной сети академии (программа создания тестов CreateModifyTestsV4 и программа тестирования TestingV4), а с 2022 года в тестовом режиме работает портал дистанционного тестирования УО БГСХА (<http://testing.baa.by>). За время функционирования

этих программных продуктов на кафедре высшей математики и физики накоплена огромная база данных типовых тестовых вопросов по всем разделам высшей математики. Это позволяет формировать электронные тестовые задания для студентов любой тематической направленности и уровня сложности в короткие сроки и при незначительных усилиях.

Использование таких комплексов программ и баз данных значительно сокращает затраты времени преподавателя не только на подготовку самих заданий, но и на их проверку, а также решает задачу обеспечения каждого студента индивидуальным заданием и, следовательно более объективного оценивания уровня усвоения этим студентом текущего материала.

Рассматривая информационные компьютерные технологии как средство обучения, в различных контекстах мультимедийные продукты и услуги Интернета могут использоваться для выработки созидательных навыков и развития критического мышления. Использование мультимедиа позволяет обучающимся самостоятельно работать над учебными материалами и самостоятельно решать, как изучать материалы, в какой последовательности и как использовать интерактивные возможности программных обеспечений, как реализовать совместную работу с другими членами учебной группы. Таким образом, обучающиеся становятся активными участниками образовательного процесса [2].

Обучающиеся могут влиять на свой собственный процесс обучения, подстраивая его под свои индивидуальные способности и предпочтения. Они могут изучать именно тот материал, который их интересует, повторять материал столько раз, сколько им нужно, и это помогает устранять многие препятствия своего внутреннего восприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция информатизации системы образования Республики Беларусь на период до 2020 года (утв. Министром образования РБ 24 июня 2013 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://edu.gov.by/statistics/informatizatsiya-obrazovaniya>. – Дата доступа: 20.12.2020.
2. Пакштайте, В. В. Компьютерные технологии в преподавании дисциплин математического цикла в вузе / В. В. Пакштайте // Информационные компьютерные технологии в образовательном процессе: состояние и тенденции развития: сб. науч. статей Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 14–15 мая 2009 г. / редкол.: А. П. Курдеко (отв. ред.) [и др.]. – Горки: БГСХА, 2009. – 205 с.

ВЫРАЩИВАНИЕ ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

В. М. Лукашевич, канд. с.-х. наук, доцент кафедры МиВХ
А. А. Константинов, аспирант кафедры МиВХ
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: салат, редис, капельное орошение, урожайность, система.

Аннотация: Все зеленные культуры очень влаголюбивые растения, по степени их требовательности к содержанию влаги в почве они характеризуются как очень требовательные. Таким образом, практически во всех областях Республики Беларусь зеленные овощные культуры необходимо выращивать на орошении.

Keywords: lettuce, radish, drip irrigation, yield, system.

Summary: All green crops are very moisture-loving plants, according to their degree of exactingness to the moisture content in the soil, they are characterized as very demanding. Thus, in almost all regions of the Republic of Belarus, green vegetable crops must be grown under irrigation.

Методологическим базисом исследований стал полевой многофакторный эксперимент, проведенный в рамках диссертационного исследования на опытном поле УО БГСХА.

К зеленым овощным культурам относятся салат и редис. Салат имеет несколько разновидностей, отличающихся по форме листа и характеру его поверхности. Эти растения формируют розетку листьев как продуктивный орган, за исключением салата кочанного, который употребляют в фазу, как розетки листьев, так и сформированного кочана. По биологическим признакам редис является типичным однолетним корнеплодным растением, но по методу культуры и месту в севообороте ближе к зеленым [1].

Известно, что овощные культуры отличаются от других сельскохозяйственных культур повышенной требовательностью к содержанию влаги в почве и относительной влажности приземных слоев воздуха. Высокие показатели транспирации (испарения) овощными растениями обусловлены недостаточно плотным анатомическим строением тканей, особенностью функций устьиц, нарастанием большой листовой по-

верхности, превышением массы надземных органов над корневой системой.

Все зеленные культуры очень влаголюбивые растения, по степени их требовательности к содержанию влаги в почве они характеризуются как очень требовательные.

Корневая система растений этой группы отличается ограниченной способностью поглощать влагу из почвы, а большая листовая поверхность неэкономно ее испаряет. Кроме того, корневая система зеленных занимает очень ограниченный объем почвы – до $0,3 \text{ м}^3$ и основная масса (75 %) физиологически активных корневых ответвлений находится в верхних, наиболее подверженных иссушению слоях почвы (до $0,2\text{--}0,4 \text{ м}$).

Стоит также отметить, что продуктивные органы большинства зеленных растений содержат до 90–95 % воды. Таким образом, практически во всех областях Республики Беларусь зеленные овощные культуры необходимо выращивать на орошении. По данным, полученным в ходе диссертационного исследования, наиболее эффективным способом полива зеленных культур является капельное орошение.

Салат (*Lactuca sativa* L.) – овощное растение семейства Астровые. Получил очень широкое распространение во многих странах мира. Сегодня занимает одно из ведущих мест в ЕС и США по площадям и объемам выращивания [2].

Все более популярной эта овощная культура становится и в Беларуси. Нами получен положительный опыт выращивания ее в открытом грунте с применением систем капельного орошения.

Более предпочтительным способом орошения салата является капельное, так как не повышает влажность воздуха, вследствие чего не способствует развитию различных гнилей и ложной мучнистой росы. На капельном орошении нами применялась ленточная схема посева (посадки) салата $25 + 65 \text{ см}$, с расстоянием между растениями в ряду 33 см . Для наиболее полного использования преимуществ капельного орошения монтаж системы и укладку поливных трубопроводов проводился одновременно с посевом. При вышеуказанной схеме посева один поливной трубопровод с расстоянием между капельными водовыпусками 33 см равномерно увлажняет две посевные строчки. После посева и монтажа системы капельного орошения проводился полив $50 \text{ м}^3/\text{га}$.

Критический период в обеспечении влагой растений салата отмечался от посева до всходов и в период формирования основной массы листьев.

Урожайность салата, выращенного в открытом грунте с применением систем капельного орошения, составила 8 т/га.

Редис (*Raphanus sativus* var. *radicula*) – овощное растение семейства Капустные, один из самых популярных ранневесенних овощей. Как и большинство зеленных культур, это очень влаголюбивое растение. Оптимальным способом орошения редиса является капельное.

Редис чувствителен не только к почвенной, но и к воздушной засухе: оптимальная влажность воздуха для растений составляет 80–90 % [3].

На капельном орошении нами применялся ленточный способ посева редиса по схеме 25+65 см. Монтаж системы капельного орошения и укладку поливных трубопроводов проводили одновременно с посевом. После посева и монтажа системы производился полив 50 м³/га.

Критический период в обеспечении влагой растений редиса наблюдался от посева до всходов и в период формирования корнеплода.

Урожайность редиса, выращенного в открытом грунте с применением систем капельного орошения, составил: весенний посев – 37 т/га, осенний посев – 15 т/га.

Таким образом, проанализировав вышесказанное, можно прийти к закономерному выводу – возделывание зеленых культур в Республике Беларусь, в открытом грунте, при использовании систем капельного орошения, имеет очень хорошие перспективы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попков, В. А. Овощеводство Беларуси / В. А. Попков. – Минск: Наша Идея, 2011. – 1088 с.
2. Улянич, О. И. Выращивание рассады салата посевного / О. И. Улянич, В. В. Кецкало // Агроогляд: овощи и фрукты. 30.03.2006 г.
3. Колпаков, Н. А. Весеннее выращивание редиса в зимних теплицах / Н. А. Колпаков // Картофель и овощи. – 2013. – № 6. – С. 21.

РЕАЛИЗАЦИЯ ГУМАНИТАРНОГО КОМПОНЕНТА ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН

В. В. Масич, д-р пед. наук, профессор
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: гуманитаризация, профессиональная подготовка, образование, активные методы обучения.

Аннотация: гуманитаризация естественнонаучных дисциплин основывается на общекультурном, общечеловеческом аспекте их содержания. Применение в образовательном процессе методов активного обучения и эвристических методов способствует реализации гуманитарного компонента.

Keywords: humanization, vocational training, education, active methods of training.

Summary: The humanization of natural sciences is based on the general cultural, general human aspect of their content. The use of active learning methods and heuristic methods in the educational process contributes to the implementation of the humanitarian component.

Обеспечение гуманитаризации образования при профессиональной подготовке будущих специалистов технического профиля предполагает использование различных методов и форм организации учебной деятельности по изучению естественнонаучных дисциплин: лекции проблемного характера, семинары, научные диспуты, упражнения проблемного характера, деловые игры и другие активные формы обучения. Преимуществом активных форм и методов обучения является обеспечение условий для учебного сотрудничества, в ходе которого студенты обмениваются мнениями, чувствами, действиями, испытывают симпатию друг к другу, легче воспринимают точку зрения других участников, проявляют готовность к изменению своих установок.

При подборе учебной информации следует учитывать необходимость акцентирования внимания студентов на общекультурном, общечеловеческом аспекте содержания естественнонаучных дисциплин, значимости их изучения в процессе личностного развития. Как писал М. Ломоносов, математику уже затем следует изучать, что она разум в порядок приводит.

На лекциях по высшей математике, физике, химии необходимо давать студентам информацию о представлениях ученых о единстве природы, ее системной организации, месте человека в природе, развитии представлений о целях современного естественнонаучного знания, специфике естественнонаучных исследований, средствах описания их результатов [1].

Гуманитарный компонент естественно-математического знания составляет ценностное отношение к математическим закономерностям, законам, формулам, их нравственной, культурной, религиозной, эстетической оценке. Важно показать практическую значимость учебной информации, обозначая область его использования в фундаментальных, прикладных и технических науках. Здесь целесообразным является показ той или иной задачи в последовательности, образовавшей своеобразный цикл: 1) приведение сведений о проблемах, возникающих в практической деятельности человечества; 2) формализация этой проблемы на уровне математической или физической задачи, что способствует развитию науки на понятийно-категориальном и аппаратном уровне (например, дифференциальное и интегральное исчисление); 3) воплощение результатов решения этой задачи в практику; 4) возникновение новой практической задачи. Например, таким образом потребности науки и техники в углубленном изучении и количественном анализе процессов, явлений в их взаимосвязи способствовали появлению такого раздела высшей математики, как «Математический анализ».

С помощью активного обучения можно решать целый ряд задач гуманитаризации, что трудно сделать при традиционном обучении, а именно: формирование социальных умений и навыков взаимодействия и общения, индивидуального и совместного принятия решений, воспитание ответственного отношения к делу, овладение методикой моделирования и т. д.

Полезным при проведении лекций является процесс определения и анализа различных подходов к исследуемому природному явлению или процессу, не сводя изучение явления окружающего мира с личной позицией лектора как единственно верной. Из истории науки наиболее интересным является показ студентам противоречий в науке. Для этого в учебный материал необходимо включать фрагменты, содержание которых побуждает студентов осознавать учебную информацию с точки зрения независимых научных подходов (например, рассмотрение физических явлений света как имеющих массу совокупности частиц –

фотонов (корпускулярная теория света) или электромагнитной волны (волновая теория света). Целесообразно включать в учебный материал не только формальные утверждения, но и фрагменты с поиском смысла, информацию, в которой отражены исторические этапы того или иного научного подхода и т. д.

На практических занятиях, кроме традиционных заданий, студентам можно предложить:

1) задачи, требующие для решения анализа неоднозначных ситуаций, в которых недостаточно продуманные решения могут привести к негативным последствиям;

2) задачи, в основу которых положено содержание литературных произведений, сказок, легенд;

3) задачи, содержание которых основывается на исторических сюжетах;

4) задачи в разных формулировках и контекстах;

5) изобретательские задачи;

6) исследовательские задачи;

7) конструкторские задачи;

8) прогнозные задачи;

9) задача с достраиваемым условием;

10) оценочные задачи;

11) задачи на смекалку;

12) качественные задачи;

13) комплексные проблемные задачи, задачи на доказывание, софизмы, парадоксы, антиномии и другие.

Считаем необходимым в процессе подготовки будущих специалистов уделить внимание внедрению эвристического метода, который ученые считают обобщенным в отношении индивидуальных и комбинированных методов обучения. Использованию указанного метода предшествует кропотливая преподавательская работа по решению дидактических целей и задач успешного овладения студентами содержанием естественнонаучных дисциплин. Например, студентам можно предложить работу с использованием литературных источников, упражнения на повторение и копирование, отработку словоречевых упражнений по запоминанию терминологии по учебной дисциплине, запоминание символов, формул, выполнение элементарных преобразований в формулах, воспроизведение фрагментов конспекта, применение теоретических выкладок для решения практических задач. На эвристическом уровне деятельности возможно составление сравни-

тельной характеристики физических и математических величин, обобщение определенных величин по предложенному признаку или по группе изучаемых тем. Студенты могут составить элементарные алгоритмы решения задач, провести лабораторный эксперимент, придумать задачу для подтверждения теоретических положений, составить элементарную программу для ПЭВМ, самостоятельно определить алгоритм действий по решению задачи.

На лабораторных занятиях возможно выполнение лабораторного эксперимента по существующему алгоритму. Студенты могут пройти экспериментальный путь ученого для выведения той или иной формулы, закономерности и т. д. В ходе исследовательской деятельности студентов на лабораторных занятиях гуманитаризация обучения обеспечивается, прежде всего, экологической направленностью выводов, к которым они должны прийти в процессе выполнения лабораторных работ.

Также внимание в процессе гуманитаризации обучения необходимо уделить организации самостоятельной работы. Учитывая особенности естественнонаучных дисциплин для самостоятельной научно-исследовательской работы можно использовать такие задания: выполнение задания по индивидуальному плану в режиме сотрудничества с преподавателями, доклады по результатам научного поиска; организация дискуссии по заданной тематике, подготовка микрореферата в виде биографического очерка, исторического анализа отдельных «узлов» научной проблемы, связанных с решением гуманитарных проблем человечества, раскрытие разнообразных актуальных тем (реферат может быть заслушан на протяжении лекции), составление рецензий на доклады студентов, представленных в виде бесед, дискуссий, диалогов; самостоятельное изложение отдельных разделов; самостоятельное составление и решение задач научно-гуманитарной проблематики; составление плана, аннотации и конспекта информационного сообщения, анализ альтернативных точек зрения и выражение обоснованных аргументов «за» и «против» каждого из них; установление ассоциативных и практически целесообразных связей между информационными сообщениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сманцер, А. П. Гуманизация и демократизация педагогического процесса в условиях университетского образования [Электронный ресурс] / А. П. Сманцер, Е. М. Рангелова. – Минск: БГУ, 2011. – Режим доступа: <http://www.elib.bsu.by>. – Дата доступа: 15.03.2023.

СПОСОБЫ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ

С. Ю. Масич, канд. пед. наук, доцент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: оптимизация, подготовка, интерактивные методы, знание, познавательный интерес.

Аннотация. В работе рассматриваются способы оптимизации теоретической подготовки студентов путем организации учебной деятельности, приближенной к профессиональной. Определена роль интерактивных методов обучения в оптимизации профессиональной подготовки студентов.

Keywords: optimization, preparation, interactive methods, knowledge, cognitive interest.

Summary. The article discusses ways to optimize the theoretical training of students by organizing educational activities close to professional ones. The role of interactive teaching methods in optimizing the professional training of students is determined.

Одна из ключевых задач современного высшего образования заключается в обеспечении перехода при профессиональной подготовке будущих специалистов от необходимости получения знаний и умений их практического применения до способности творчески преобразовывать и генерировать новые знания при необходимости повышения эффективности своей деятельности. Следует отметить, что в процессе профессиональной подготовки студента необходимо согласовывать и систематизировать взаимосвязи между теоретической частью и потребностями будущей профессиональной деятельности, что предполагает системное использование методов, форм и средств обучения. В результате этого основной проблемой профессиональной подготовки студентов становится не усвоение огромного и постоянно растущего объема знаний или хотя бы ориентации в огромном потоке растущей информации, а проблема прямо противоположная – способность применять и преобразовывать знания. Также, не менее значительным недостатком, существующим в высшем образовании, является недоста-

точная дифференциация и индивидуализация профессиональной подготовки будущих специалистов.

На наш взгляд, эффективно решить эти задачи возможно, совмещая адекватные содержанию формы организации образовательной деятельности, наиболее приближенные к соответствующей практической деятельности будущих специалистов.

В современной практике образовательного процесса существуют три основные формы деятельности, а именно: учебная, которая включает в себя проведение лекций, семинаров и практических занятий; квазипрофессиональная, которая заключается в использовании различных деловых и ролевых игр, реализацию игровых проектов, имитирующих будущую профессиональную деятельность студента; учебно-профессиональная, предполагающая прохождение студентом производственной практики, проведение научно-исследовательской работы и т. д.

Этим формам обучения соответствуют различные учебные модели (семиотические, имитационные и пр.). При этом соответствующие конкретному содержанию образования формы работы могут выступать в роли промежуточного звена профессиональной подготовки. При этом теоретические знания являются средством регуляции динамически моделированной профессиональной деятельности, что выражается в ее предметном и социальном аспектах. Также следует отметить, что акцент в деятельности студента смещается от учебной информации на ситуацию практического действия, когда учебная информация становится ориентировочной основой и приобретает статус знания, связанного в сознании будущего специалиста с его профессиональной деятельностью. Таким образом, задается движение деятельности студента от учебной к профессиональной, связанное с трансформацией потребностей, мотивов, целей, действий и поступков, средств, предмета и результатов [1; 2].

Использование в процессе профессиональной подготовки специалистов интерактивных методов обучения обеспечивает личностно-ориентированную направленность формирования профессиональной компетентности, способствует развитию инициативы, способности к импровизации и творческому стилю деятельности, что, в свою очередь, позволяет создать наиболее благоприятные условия для получения наивысших результатов обучения при минимально необходимых затратах времени. В этом и заключается оптимальное сочетание этих способов теоретической подготовки студентов.

Важным условием при выборе оптимального сочетания форм, методов и средств теоретической подготовки студентов в учебной, квазипрофессиональной и учебно-профессиональной деятельности является учет во внимание положения о том, что этот выбор зависит от конкретных целей занятия, уровня развития и знаний студентов, наличия материально-технического обеспечения учебного процесса, творческих способностей и педагогической техники самого преподавателя, а также содержания учебной информации (Ю. Бабанский, В. Загвязинский и другие). Считаем, что наиболее эффективным является использование методов «обратного обучения», предполагающего наличие обратной связи, когда процесс профессиональной подготовки студента и формирование у него профессиональной компетентности строится на основе прогнозируемых его запросов, как будущего специалиста.

Использование интерактивных методов в процессе теоретической подготовки студентов способствует обмену информацией, мнениями, оценками, а также личностным опытом участников. Данные методы можно объединить в две основных группы: дискуссионные методы, а именно: групповая дискуссия, анализ ситуаций профессионального выбора, метод «мозговая атака» и т. п.); игровые методы, включающие: дидактические и творческие игры, в том числе деловые; и ролевые игры (поведенческое обучение, игровая психотерапия); социокультурные этюды.

Таким образом, ожидаемые результаты оптимизации теоретической подготовки студентов с использованием интерактивных методов обучения предполагают: возрастание наличие у них уровня познавательного интереса к овладению профессиональными знаниями; умение применять знания и умения в нестандартных квазипрофессиональных ситуациях; самостоятельность, активность и инициативность студентов; реализацию программ собственных действий; владение способами учебных действий, самостоятельная постановка учебных задач, владение приемами самоконтроля и самооценки своей деятельности, способами работы над собой; овладение процедурами проблемно-поисковой деятельности; наличие умения приобретать новые умения и навыки разными способами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вербицкий, А. А. Активное обучение в высшей школе: контекстный подход / А. А. Вербицкий. – М.: Высш. шк., 1991. – 208 с.
2. Вербицкий, А. А. Концепция знаково-контекстного обучения в вузе / А. А. Вербицкий // Вопросы психологии. – 1987. – № 5. – С. 31–39.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОМЕРНОГО УСТРОЙСТВА С ПЛОСКИМ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДАЧИ ПОСТОЯННОГО РАСХОДА ВОДЫ В КАНАЛ-ОРОСИТЕЛЬ

К. М. Мелихов, канд. техн. наук, доцент

А. А. Киселев, аспирант

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»,
г. Волгоград, Российская Федерация

Ключевые слова: водомерные устройства, коэффициент гидродинамического сопротивления, трубчатый водовыпуск, автоматизация подачи воды.

Аннотация. В работе предложено водомерное устройство для учета воды в канал-оросителях, которое имеет простую конструкцию, легко монтируется и демонтируется, и показало высокий уровень надежности. Для подачи постоянного расхода воды в канал – ороситель предложен авторегулятор, который предотвращает переполнение канала, перелива через дамбы и размыва.

Keywords: water measuring devices, coefficient of hydrodynamic resistance, tubular water outlet, automation of water supply.

Annotation. The paper proposes a water measuring device for water metering in channel sprinklers, which has a simple design, is easy to assemble and dismantle, and has shown a high level of reliability. To supply a constant flow of water into the irrigation channel, an autoregulator is proposed, which prevents overflow of the channel, overflow through dams and erosion.

Основным направлением увеличения степени эффективности различного рода систем орошения служит обеспечение полной автоматизации водораспределительного процесса, а также организация достоверного и оперативного учета воды. Современная техника, которая используется для проведения различного рода гидрометрических работ на системах орошения, равно как и сама организация таких работ, требует существенного усовершенствования в техническом плане, а также внедрения простых, но в то же время независимых от энергии средств учета воды.

На тех системах орошения, которые применяются сегодня, практически отсутствуют какие бы то ни было сооружения для измерения воды. На каналах управление различного рода технологическими процессами в подавляющем большинстве случаев осуществляется вручную. Эксплуатационниками учет расхода воды осуществляется с использованием специальной гидрометрической вертушки, а также с использованием рейки. Однако эти приемы обладают большой погрешностью измерений. Что же касается тарирования различного рода гидрометрических сооружений, то оно не показало положительных результатов. Установленные в бьефах рейки не позволяют сделать полноценный вывод о расходе во время работы канала в подпорном режиме, равно как и во время работы канала при открытом затворе. На так называемых каналах младшего порядка процесс учета воды почти, не осуществляется. Соответственно, потребители оросительной воды платят свои денежные средства не за ее строго определенный объем, а за гектары орошаемой площади, которые являются условными. В подавляющем большинстве случаев у водопользователей отсутствуют данные о фактическом расходе воды. Главная отличительная особенность гидравлических каналов систем орошения, заключается преимущественно в том, что каждый из них обладает недостаточным уклоном. Соответственно, скорость потока воды в них менее одного метра в секунду. Гидравлические каналы очень сильно подвержены заилению, очень часто работают в так называемом подпорном режиме, будучи максимально заполненными, тем самым обеспечивая возможность командования над орошаемой территорией. Резервный объем воды накапливается в бьефах гидравлических каналов. Этот объем воды впоследствии может быть использован с целью внедрения различного рода технических средств с гидравлическим приводом [1–5].

Нами предлагаются водомерные устройства, которые имеют чувствительный элемент в виде лопасти, диска или решетки.

Для того чтобы организовать учет воды на гидравлических каналах предлагаем специальное водоизмеряющее устройство, в которое входят чувствительный элемент, и рычаг. Рычаг закреплен на оси, которая располагается на уровне верхней части служебного мостка. Длина рычага до вращающей оси устанавливается на основе величины допустимого усилия для измерительного прибора (динамометра), а также исходя из особенностей конструкции динамометра. Если знать коэффициент гидродинамического сопротивления, а также значение силы сопротивления, то можно рассчитать скорость движения воды по каналам, а соответственно, и расход воды.

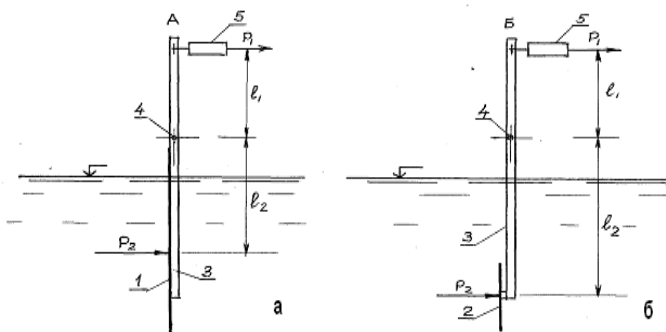


Рис. 1. Схемы переносных водомерных устройств: *а* – водомерное устройство с лопастью или решеткой; *б* – водомерное устройство с диском, или решеткой

Зная коэффициент гидродинамического сопротивления и значение силы сопротивления, можно определить скорость движения воды в канале и расход:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot P}{C_D \cdot F \cdot \rho}} , \quad (1)$$

$$Q = \omega_K \cdot v \cdot K , \quad (2)$$

где ω_K – площадь поперечного сечения канала;

K – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения скоростей по поперечному сечению канала;

P – величина силы сопротивления;

ρ – плотность жидкости;

v – скорость движения жидкости;

F – площадь элемента, погруженного в жидкость;

C_D – коэффициент гидродинамического сопротивления.

Для того чтобы изучить коэффициент гидродинамического сопротивления в зависимости от уровня турбулентности потока воды нами были проведены лабораторные исследования. В ходе проведения этих исследования нами замерялись уровень гидравлического давления на чувствительный элемент, а также скорость движения воды по каналу.

Расход определяли по среднему значению с помощью двух трапецидальных водослива по формуле (3):

$$Q = m \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{\frac{3}{2}}, \quad (3)$$

где m – коэффициент расхода водослива (для угла 45° , $m = 0,42$);

b – ширина водослива по нижней грани (для 1-го водослива $b = 0,5$ м; для второго – $0,51$ м);

H – напор на водосливе, м).

Для подачи постоянного расхода воды в канал – ороситель предложен авторегулятор, который предотвращает переполнение канала, перелива через дамбы и размыва.

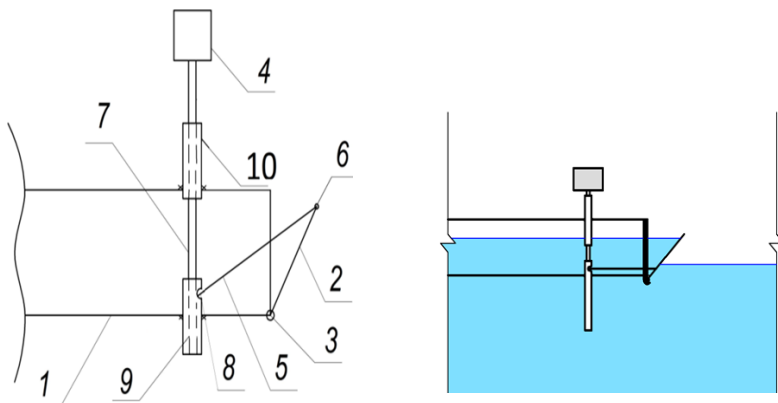


Рис. 1. Конструктивное решение водомерного устройства

Предложенный авторегулятор устанавливается при отсутствии воды в канале оросителя, где поплавков 4 находится в крайнем нижнем положении и щитовой затвор 2 открыт. Когда начинается полив, вода из командного канала по водовыпускной трубе 1 поступает на рисовые чеки. При достижении определенного уровня воды поплавок 4 начинает всплывать, передавая усилие на рабочий шток 7, который начинает вертикальное движение вверх по направляющим трубкам 9 и 10, усилие от рабочего штока 7 через гибкий трос 5 передается на запорный щит 2, и он начинает закрываться. По достижении поплавком 4 верхнего положения запорный щит 2 находится в закрытом положении.

При уменьшении требуемого уровня поплавков 4 опускается и запорный щит 2 открывается.

Особенности конструкции и выполняемые функции авторегулятора вошли в состав гидравлических исследований, которые были направлены на определение работоспособности авторегулятора, на его способность пропускать заданный расход воды, а также динамические свойства автоматизированного водовыпуска для разработки методики инженерного расчета.

Материал для модельной трубы и ее длина подобраны согласно правилу моделирования и спектра работы водовыпуска.

Для изготовления модели предлагаемого авторегулятора подачи воды на оросительные рисовые системы в гидротехнической лаборатории Волгоградского ГАУ проводились лабораторные исследования.

На основании закона геометрического подобия при масштабе моделирования равный 1:3 диаметр трубы модели водовыпуска составил 137 мм Расход модели $Q_m = 12,83$ л/с при номинальном расходе натурального объекта 200 л/с, числа Фруда для сходственных точек обоих потоков равны 0,56.

Так как число Рейнольдса $Re = 119190$, а граничное число Рейнольдса $Re_{кр} = 29750$, то условия автомодельности выполняются.

Исследования в трехкратной повторности и тремя разными способами одновременно: щпиценмасштабами, пьезометрами и по рейкам обеспечили точность измерения уровней воды.

С помощью батареи микропьезометров, с ценой деления шкалы 0,0005 м. измерялись пьезометрические напоры на модели.

Выводы. Предлагаемое нами в данной работе водоизмеряющее устройство для водоучета в каналах различного рода оросительных систем имеет очень простую конструкцию, которая очень легко монтируется и очень легко демонтируется, и показало высокий уровень надежности.

Предложенный авторегулятор подачи воды на оросительные системы найдет применение в фермерских хозяйствах, нуждающихся в достоверных данных учета, заполнения и поддержания, заданных уровней воды без специальной высококвалифицированной подготовки обслуживающего персонала и значительных затрат времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мелихов, К. М. Гидравлические исследования взаимодействия потока воды с плоским чувствительным элементом штангового расходомера и подача заданных расхо-

дов воды на открытых каналах оросительных систем / К. М. Мелихов, О. В. Козинская // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 5–6 (47). – С. 39–42.

2. Михалев, М. А. Гидравлический расчет напорных трубопроводов / М. А. Михалев // Инженерно-строительный журнал. – 2012. – № 6 (32). – С. 20–28.

3. Снежко, В. Л. Ресурсосберегающие водопропускные сооружения для оросительных каналов / В. Л. Снежко, А. А. Гайсин, Д. М. Бенин // Природообустройство. – 2016. – № 5. – С. 26–31.

4. Ortloff, C. R. Inka Hydraulic Engineering at the Tipon Royal Compound (Peru) // Water (Switzerland) 2022. 14 (1). 102.

5. Палиивец, М. С. Гидравлический расчет пропускной способности квадратного водовыпуска при регулировании / М. С. Палиивец // Природообустройство. – 2020. – № 3. – С. 71–78.

УДК 626.823

БАШЕННЫЙ ВОДОСБРОС С ПОПЛАВКОВЫМ ЗАТВОРОМ ДЛЯ ВОДООХРАННЫХ ОБЪЕКТОВ

Л. И. Мельникова, ст. преподаватель

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: водосброс, башня, водоотводящая труба, затвор-автомат, поплавковый затвор, водоспуск.

Аннотация. Конструктивные решения башенного водосброса автоматического действия для водоохранных объектов.

Key words: spillway, tower, drainage pipe, automatic shutter, float valve, spillway.

Summary: Constructive solutions for automatic tower spillway for water protection facilities.

Введение. Совершенствование водосбросных сооружений природоохранных объектов с целью улучшения их экономических и эксплуатационных показателей требует создания новых и совершенствование существующих конструкций. Эти работы можно выполнить на основании научного поиска новых идей и решений.

Проблеме расчета и эксплуатации низконапорных трубчатых сооружений посвящено большое количество исследований советских ученых, которым бесспорно принадлежит приоритет в решении ряда важнейших вопросов. Большой вклад в изучение особенностей гидравлической работы трубчатых сооружений внесли: Алтунин В. И., Антипов А. И., Барац Л. А., Батурина А. Д., Богомоллов А. И., Больша-

ков В. А., Коваленко П. И., Марголин М. Ш. Мисенев В. С., Орлов Б. В., Полубояринов Ю. Г., Похилько А. Ф., Розанов Н. П., Слиссский С. М., Ларьков В. М., Тугай А. М., Филиппов Н. О., Храпковский В. А., Чугаев Р. Р., Шутько В. К., Штепа Б. Г. и многие другие; из зарубежных ученых: Blaisdell F. W., Donnelly C. A., Rise C. E., French и др. [1].

Результатом работы, проведенной этими учеными, явились многочисленные рекомендации, в том числе по вопросам определения возможных гидравлических режимов работы (и их границ) водопропускных частей трубчатых сооружений и их пропускной способности, условий эксплуатации сопрягаемых бьефов и т.п.

Автоматизация сбросных сооружений осуществляется посредством затворов-автоматов уровня верхнего бьефа. Наиболее доступна в настоящее время автоматизация затворов, основанная на использовании гидравлической энергии потока. Перспективно и технико-экономически оправдано оснащение водосбросных сооружений затворами-автоматами гидравлического действия.

Вопросам теории и практики затворов-автоматов посвящены работы многих ученых: Бочкарева Я. В., Овчарова Е. Е., Ганкина М. З., Маковского Э. Э., Шарова В. В., Примака Е. П., Рохман А. И., Самадова Р. Я. и многих других [2].

Однако, несмотря на многочисленность проведенных исследований, ряд важнейших вопросов, связанных с автоматизацией низконапорных водосбросных сооружений, а также повышением их эффективности возникает до сих пор.

Цель работы. Проанализировать литературные источники по двум направлениям:

1. Водосбросные сооружения низконапорных гидроузлов.
2. Авторегуляторы уровня (расхода) воды для трубчатых сооружений.

Методика исследований. Предметом наших исследований является водосбросное сооружение автоматического действия с авторегулятором уровня воды верхнего бьефа поплавкового типа (рис. 1). Выбор водосбросного сооружения осуществлялся на основе обобщения, систематизации и анализа существующих конструкций.

Экспериментальные исследования включали физическое моделирование водосбросного сооружения с поплавковым затвором с использованием закона гравитационного подобия (критерия Фруда). Комплексные гидравлические исследования проводились в лаборатории ГТС БГСХА.

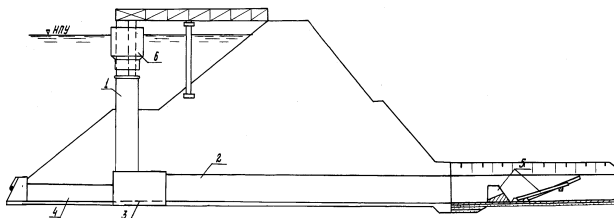


Рис. 1. Конструктивное решение башенного водосброса

Конструктивные решения. В состав башенного водосброса (рис. 1) входят: 1 – башня (шахта); 2 – водоотводящая труба; 3 – соединительное колено; 4 – донный водоспуск; 5 – устройство нижнего бьефа; 6 – затвор – автомат поплавкового типа

За конструктивную основу при этом принимается наиболее близкая по параметрам конструкция башенного водосброса системы «Белгипроводхоз» с напором от 3 до 6 (7) м и расходом до $10 \text{ м}^3/\text{с}$ [3]. Изменения по отношению к типовому (базисному) варианту водосброса в соответствии с поставленными задачами следующие: уменьшается высота башни, за счет применения авторегулятора уровня воды верхнего бьефа поплавкового типа; башня с водоводом сообщается посредством соединительного колена. А идея создания и принципиальная конструкция поплавкового гидроавтоматического затвора принадлежит В. М. Ларькову.

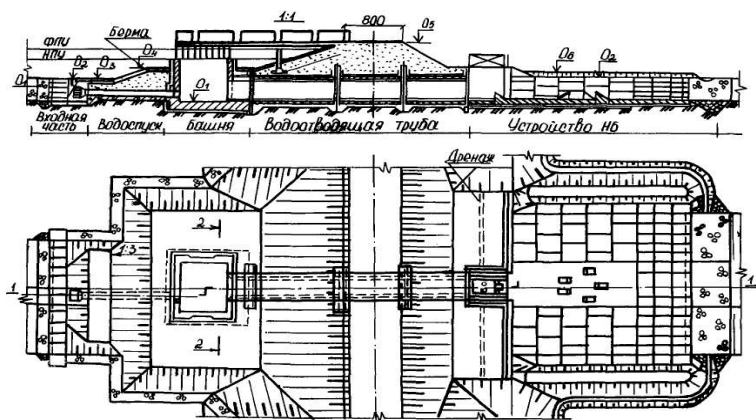


Рис. 2. Башенный водосброс (Белгипроводхоз)

Заключение. Исходя из цели дальнейшие исследования предусматривают: разработку, теоретическое обоснование и внедрение рациональных конструктивных решений водосбросных сооружений автоматического действия, обеспечивающих постоянный уровеньный режим (НПУ) в природоохранных прудах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ларьков, В. М. Водопропускные сооружения низконапорных гидроузлов (с глухими плотинами): учеб. пособие / В. М. Ларьков. – Минск: Ураджай, 1990. – 351 с.
2. Бочкарев, Я. В. Основы автоматики и автоматизация производственных процессов в гидромелиорации / Я. В. Бочкарев, Е. Е. Овчаров. – М.: Колос, 1981. – 335 с.
3. Шахтные водосбросы расходом до 50 м³/с. – Минск: Белгипроводхоз, 1986. Альбом 1. – Пояснительная записка, строительные чертежи. – 139 с. (Типовые проектные решения 820-4-026.23.86).

УДК 631.6:631.82

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ДЕПОНИРОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ДЕГРАДИРОВАННЫХ И МАЛОПРОДУКТИВНЫХ ЗЕМЛЯХ

С. А. Меньшикова, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотрудник,
зав. лабораторией
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова»,
г. Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: комплексные мелиорации, депонирование органического углерода, плодородие, продуктивность, почвы, агромелиоранты.

Аннотация: В статье рассмотрены теоретические основы и практические приёмы закрепления органического вещества в корнеобитаемом слое почвы. Посредством комплексных мелиоративных мероприятий создаются условия для накопления органических соединений и формирования плодородного слоя с помощью каждой из последующих культур в севообороте. Данный подход способствует повышению продуктивности сельскохозяйственных земель и приросту потенциального плодородия на деградированных и малопродуктивных землях.

Keywords: complex land reclamation, deposition of organic carbon, fertility, productivity, soils, agromeliorants.

Summary: The article discusses the theoretical foundations and practical methods of fixing organic matter in the root layer of the soil. Through complex reclamation measures, conditions are created for the accumulation of organic compounds and the formation of a fertile layer with the help of each of the subsequent crops in the crop rotation. This approach contributes to increasing the productivity of agricultural land and increasing potential fertility on degraded and unproductive lands.

Проблема деградации почвенного слоя крайне актуальна для обширных территорий, занятых под сельскохозяйственное производство. Кроме водной и ветровой эрозии, засоления, закисления и переувлажнения почв в качестве основных причин снижения уровня плодородия выделяют физическую деградацию или агроистощение, вызванные эксплуатационным нарушением земель. Для определения мер по улучшению состояния и продуктивности сельскохозяйственных земель кроме агрохимических показателей, следует учитывать и ряд дополнительных факторов, отражающих качественные характеристики почв и их потенциальное плодородие, а также особенности рельефа, уклоны, водоразделы, зоны подтопления и иные показатели. К числу основных факторов, определяющих плодородие, относятся качественные характеристики почвенного слоя, такие как содержание и мощность гумуса, в частности.

Анализ результатов мониторинга органического вещества в Российской Федерации показывает, что из обследованных 11,4 млн га преобладают слабогумусированные почвы, которые составляют 4,2 млн га, или 36,9 % обследованной площади. Почвы, содержание гумуса в которых менее 2 %, составляют 2,4 млн га или 21,2 %, среднегумусированные почвы – 3,5 млн га или 30,3 % от обследованных, в то время как доля сильногумусированных почв, содержание гумуса в которых не менее 10 %, не превышает 11,6 %, или 1,3 млн га [1].

Мелиоративные и агротехнические мероприятия коренным образом меняют направление почвообразовательного процесса. Вместе с ним изменяются циклы или круговорот веществ, динамика их миграции, в том числе и органического углерода. Для практики эффективного земледелия стоит задача посредством комплексных мелиоративных мероприятий создать условия для накопления органических соединений и формирования плодородного слоя, то есть сделать процесс накопления и хранения органического вещества управляемым. Рекуперация или активация обратного получения и дальнейшее депонирова-

ние или усиление процесса сохранения органического вещества возможны с помощью создания условий для увеличения биомассы и направленного формирования высокогумусированного слоя каждой из культур севооборота.

Общая схема оценки состояния деградированных и малопродуктивных земель предполагает разбивку этапов оценки на группы с последующей разработкой комплекса приемов по освоению этих земель, в том числе с использованием всех доступных ресурсов для интенсификации воспроизводства и накопления органического вещества [2].

Приемы ориентированы на повышение потенциального плодородия, то есть увеличение общего содержания питательных веществ, создание условий для формирования определённой почвенной структуры и эффективного запаса влаги. Теоретические положения данной работы базируются на имеющемся опыте повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур при:

- использовании комплексных удобрений;
- введении в севооборот бобовых культур с высокой фотосинтетической активностью;
- углублении корнеобитаемого слоя агротехническими приемами;
- оперативном управлении технологическими процессами, реализующими комплексные мелиорации.

Разрабатываемая технология базируется на применении комплексных удобрений пролонгированного действия. Такие удобрения за одно внесение не только обеспечивают увеличение содержания основных элементов питания, но и оказывают прямое воздействие на водно-физические свойства почвы, улучшая её структурное состояние [3, 4].

С 2003 г. во «Всероссийском научно-исследовательском институте гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова» проводятся полевые и лабораторные исследования с комплексным агрономелиорантом длительного действия. Способ изготовления агрономелиоранта запатентован и на него имеется гигиенический сертификат. Проводимые опыты во всех случаях показывали значительный прирост биомассы и урожайности при различных дозах внесения агрономелиоранта. В опытах выращивались следующие культуры: картофель на серых лесных и окультуренных торфяно-болотных низинных почвах, люпин узколистный и морковь на супесчаных подзолистых почвах, пырей солончаковый на бурых полупустынных солончаках, томаты и руккола в теплицах на верховом торфе. Ниже приведена сводная таблица (таблица 1) по урожайности различных сельскохозяйственных культур при

выращивании их с применением многофункционального комплексного агроメリоранта длительного действия. Во всех случаях схема размещения опытов была рендомизированная. Опыты закладывались и проводились согласно общепринятой методике. Анализ имеющихся данных показал, что применение многофункционального комплексного агроメリоранта длительного действия позволяет значительно увеличить урожайность сельскохозяйственных культур. Результаты экспериментальных данных подтверждают высокую эффективность его применения на разных типах почв.

Урожайность сельскохозяйственных культур при выращивании с применением многофункционального агроメリоранта

Годы проведения	Место проведения опыта	Культура	Урожайность, кг/м ²		Прирост к контролю, %
			Контроль (среднее значение за серию или цикл опытов)	Вариант с максимальным значением (среднее за серию или цикл опытов)	
2003–2004	Мещерский филиал ВНИИГиМ, ОПХ «Полково» Рязанская область	Морковь сорт Нантская (корнеплоды)	1,92	2,95	53,65
2004	Калмыцкий филиал ВНИИГиМ Республика Калмыкия	Пырей солончаковый (наземная масса по сухому веществу)	0,087	0,14	60,92
2005	ОАО «Тепличный комбинат» Рязанская обл.	Томаты гибрид Фараон (плоды)	10,66	19,02	78,42
2006	Мещерский филиал ВНИИГиМ, ОПХ «Полково» Рязанская обл.	Люпин узколистный, сорт Дикаф-14 (наземная масса)	0,59	1,05	77,97
2006–2008	ОПХ «Подвязье» Рязанская область	Картофель сорт Сантэ (клубни)	4,24	5,37	26,65
2009	ГОУ СПО МО «Яхромский аграрный колледж» Московская обл.	Картофель, сорт Артемис (клубни)	4,43	6,01	35,67
2015–2017	СХПК Комбинат «Тепличный» Волгоградская обл.	Руккола сорт Покер (листья)	3,12	6,17	97,76

Применение агромелиоранта позволяет регулировать пищевой режим почвы и создает более благоприятные условия произрастания сельскохозяйственных культур.

Эффективность комплексных мелиоративных мероприятий всегда выше, чем одного из видов мелиораций. Например, совместное регулирование водного и теплового режимов позволяет повысить урожайность сельскохозяйственных культур на 25...50 %, а комплексное регулирование водного, теплового и пищевого режимов может обеспечить прибавку урожая на 90...130 % и более. Комплекс мелиоративных воздействий обеспечивает формирование условий для придания почве более высокого потенциального плодородия, которое в последующем может поддерживаться в агробиоценозе. Необходимо учитывать тот факт, что отдельный вид мелиораций может оказывать свое разнонаправленное влияние, изменяя факторы жизни растений. Например, водная мелиорация оказывает влияние на состояние почвы, гидротермический режим почвы и приземного слоя атмосферы, динамику солевого и газового режимов [5].

Возможность дозированного внесения в корнеобитаемую зону удобрительно-мелиорирующих веществ открывает перспективу управления процессами развития корневой системы, растения могут накапливать микро- и макроэлементы в виде корневых остатков, образуя резервы для последующих культур. Создание и использование искусственных удобрений – перспективное направление сельскохозяйственного производства, позволяющее увеличить природно-ресурсный потенциал и получить высококачественную продукцию. Соблюдая принцип адаптивно-ландшафтного земледелия агромелиоранты можно использовать для направленного формирования корневой системы растения вглубь почвы, стимулируя её развитие и улучшая аэрацию. Однако это направление на сегодняшний день продолжает оставаться малоизученным и требует проведения различных экспериментальных исследований.

Следует отметить основные конкурентные преимущества изучаемого подкласса удобрительно-мелиорирующих веществ. Прежде всего, это широкие возможности применения в различных областях сельскохозяйственного производства, регулирование свойств продукта под решаемую задачу, управляемый и адаптируемый химический состав, экологичность, биоразлагаемость, стерильность, инертность, нейтральность pH, неограниченный срок хранения, универсальность формовки и фасовки, ускорение темпов роста посевов, гарантия повышения урожайности.

Подбор удобрительно-мелиорирующих веществ может осуществляться для агроклиматических условий местности. Их состав и свойства должны быть максимально близкими к почве по структуре и химическому составу, но более устойчивыми к биологической и химической деструкции в неблагоприятных условиях. Обеспечивая на начальном этапе более комфортные условия для накопления и распределения энергетического потенциала в форме органической массы для удовлетворения разных потребностей растений, агромелиоранты запускают процесс восстановления почвенного плодородия за счет потенциальных возможностей самого растения. Применение критериальных показателей при назначении мелиоративных мероприятий и расчетах доз агромелиорантов будут способствовать улучшению экологической обстановки, повышению плодородия, экономии водных и материальных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2020 году. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. – 384 с.
2. Освоение неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения / В. А. Шевченко, В. В. Бородычев, М. Н. Лытов, С. А. Меньшикова, А. Е. Новиков. – М.: ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2020. – 76 с.
3. Пироговская, Г. В. Медленнодействующие удобрения / Г. В. Пироговская. – Минск: Белорусский НИИ почвоведения и агрохимии, 2000. – 287 с.
4. Меньшикова, С. А. Интенсификация процесса депонирования органических соединений на деградированных и малопродуктивных землях Нечерноземной зоны // Мелиорация земель – неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации: материалы междунар. науч.-практ. конф., 2019. – С. 555–560.
5. Максименко, В. П. Комплексная мелиорация уплотненных почв на орошаемых землях: монография / под науч. ред. акад. РАН Б. М. Кизяева. – М.: ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», 2022. – 277 с.

РАДИАЦИОННО ОПАСНЫЕ ЗЕМЛИ КАК ОБЪЕКТ РЕАБИЛИТАЦИИ И РЕКУЛЬТИВАЦИИ

О. А. Мерзлова, канд. с.-х. наук

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: радионуклиды, земли отчуждения, инвентаризация, эколого-экономическая оценка, реабилитация.

Аннотация: в статье изложены особенности реабилитации сельскохозяйственных земель, загрязненных радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Приведены результаты эколого-экономической оценки земель отчуждения Могилевской области и долгосрочный прогноз возможности их вовлечения в активное землепользование.

Keywords: radionuclides, exclusion lands, inventory, environmental and economic assessment, rehabilitation.

Summary: the article describes the features of the rehabilitation of agricultural land contaminated with radionuclides as a result of the accident at the Chernobyl nuclear power plant. The results of the environmental and economic assessment of the exclusion lands of the Mogilev region and the long-term forecast of the possibility of their involvement in active land use are presented.

Введение. Чернобыльская авария стала точкой отсчета для изменения традиционных подходов ведения сельскохозяйственного производства на значительной территории Республики Беларусь. Загрязнению радиоактивными выбросами подверглись почвенно-земельные ресурсы, являющиеся базисом, средством и предметом труда аграриев.

В целом площадь контаминированного почвенного покрова республики составила 23 %. Наиболее значимыми радионуклидами оказались йод-131, цезий-137, стронций-90 и трансурановые элементы.

Йод-131 как короткоживущий радионуклид через 3 месяца полностью распался.

Объектами загрязнения цезием-137 (критерий отнесения территории к зоне радиоактивного загрязнения более 1 Ки/км^2 (в системе СИ – 37 кБк/м^2) – далее *Критерий*) стали 18,6 тыс. км^2 (21 %) сельскохозяй-

ственных земель, 20,1 тыс. км² (22 %) лесного фонда [1]. Чрезвычайно высокие плотности выпадения цезием-137 отмечались в ближней зоне от атомной станции. За ее пределами наиболее загрязненными оказались юго-восточная и северо-восточная части Гомельской и юго-восточная часть Могилевской областей. Существенно ниже уровни радиоактивного загрязнения в юго-западной части Гомельской области, центральных частях Брестской, Гродненской и Минской областей.

Уровни загрязнения территории стронцием-90 более 0,15 Ки/км² (5,5 кБк/м²) (*Критерий*) наблюдались на площади 21,1 тыс. км² в Гомельской и Могилевской областях, или 10% территории [1].

Трансурановые радионуклиды выпали преимущественно в ближней зоне ЧАЭС. Изотопами плутония-238, -239, -240 с плотностью более 0,01 Ки/км² (*Критерий*) загрязнено около 4,0 тыс. км² (2 %) [1].

Загрязнение сельскохозяйственных земель радионуклидами относится к одному из наиболее значимых видов деградации почв. Только одного этого обстоятельства достаточно для принятия мер по их восстановлению (в терминологии МАГАТЭ аналогичен понятию рекультивация [2]). Однако рекультивация загрязненных земель имеет более масштабную задачу – обеспечение радиационной защиты населения. Но поскольку достижение полного восстановления в обозримом периоде невозможно, то комплекс любых мер, способных сократить снижение радиоактивного воздействия на человека, предпочтительнее называть ремедиация [2, 3].

В целом спектр мероприятий по радиационной защите населения достаточно широк, затрагивает различные сферы производства и жизнедеятельности, но именно производству продуктов питания с содержанием радионуклидов ниже допустимых уровней (РДУ-99, РДУ) и созданию безопасных условий труда и проживания отводилось важнейшее место. Это объясняется весомым вкладом продуктов питания в дозу внутреннего облучения (70–90 % [4]).

Объект исследования. В целом земли, загрязненные радионуклидами, можно разделить на две группы:

первые – позволяют производить продукцию в соответствии с требованиями республиканских нормативов. Это достигается комплексом агротехнических, агромелиоративных, организационных и прочих мероприятий;

вторые – не позволяют производить нормативно чистую продукцию без ограничений. Согласно Закону Республики Беларусь «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязне-

нию в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС № 365-3 от 26 мая 2012 г. «Земли, находящиеся на территории радиоактивного загрязнения, на которых невозможно или ограничено производство сельскохозяйственной продукции, содержание радионуклидов в которой не превышает республиканских допустимых уровней, относятся к радиационно опасным землям» [5].

Данные земли, в зависимости от уровня загрязнения радионуклидами и степени воздействия радиации на человека, исключаются из хозяйственного пользования либо на них вводятся ограничения по перечню производимой продукции.

Каждая из выделенных категорий заслуживает отдельного внимания. Однако в данной статье остановимся на землях отчуждения.

Методика исследования. Изучение особенностей земель отчуждения как обособленной категории, обоснование возможности и целесообразности их реабилитации базировалась на изучении динамики их формирования, результатах комплексной инвентаризации, разработке методики эколого-экономической оценки. При этом монографический, картографический, полевой и лабораторные методы исследования использовались в комплексе.

Результаты. За период 1986–1992 годов из сельскохозяйственного оборота рядом постановлений Совета Министров было выведено 265 тыс. га, наиболее загрязнённых земель, на которых невозможно производство нормативно чистой продукции даже при условии проведения специальных защитных мероприятий.

В первую были изъяты земли с плотностями выпадения радионуклидов опасными не только для ведения сельскохозяйственного производства, но и длительного пребывания людей (^{137}Cs 1480 кБк/м² и выше и (или) ^{90}Sr – 111 кБк/м² и выше, и (или) $^{238}, ^{239}, ^{240}\text{Pu}$ более 0,1 Ки/км²). Из их числа 100 тыс. га ближней от атомной станции зоны вошли в состав Полесского радиационно-экологического заповедника.

Кроме того, изымались участки с меньшими плотностями загрязнения, на которых не представлялось возможным произвести нормативно чистую продукцию. Наиболее загрязненная часть (около 67 тыс. га) была облесена сразу после изъятия, 33 тыс. га по мере естественного зарастания лесными культурами были переведены в лесные земли. Лишь 17,5 тыс. га за послеаварийный период возвращена в ограниченное использование [6]. Оставшиеся 50 тыс. га вплоть до 2015 г. числились в земельном реестре как бывшие сельскохозяйственные земли, выведенные из оборота в связи с радиоактивным загрязнением.

По областям эти территории распределились следующим образом: Гомельская область – 39 тыс. га, Могилевская область – 11 тыс. га [6]. Именно эти часть земель стала объектом отдельных многолетних радиологических и культуртехнических изысканий, оценки радиологической допустимости и экономической целесообразности возврата с сельскохозяйственный оборот. Автором лично проведены детальные исследования земель Могилёвской области. Поэтому результаты будут представлены именно по Могилевской области.

За 35-летний послеаварийный период произошло существенное улучшение радиационной обстановки (рис. 1), что в значительной степени является предпосылкой возврата земель в сельскохозяйственное пользование.

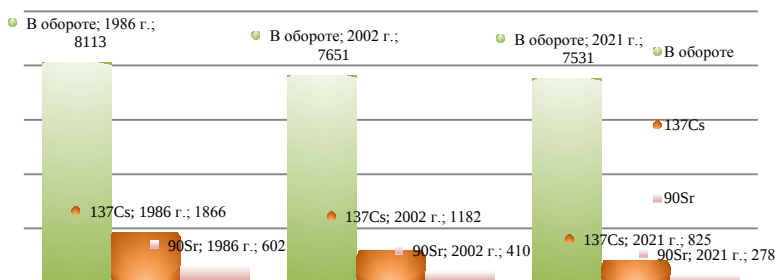


Рис. 1. Динамика сокращения площади сельскохозяйственных земель, загрязненных радионуклидами, тыс. га (с учетом источников [7, 8])

Кроме того, в период 2000–2015 гг. товаропроизводители неоднократно инициировали возврат отдельных участков. Поэтому на государственном уровне поднимался вопрос о рассмотрении данной категории земель в качестве потенциального объекта возврата.

Целесообразность данного решения зависела не только от возможности обеспечения радиационной защиты населения, но экономической обоснованности. Ведь за длительный период из-за естественных процессов заболачивания, закочкаривания, зарастания древесно-кустарниковой растительностью произошла техническая деградация участков. Соответственно рекультивация земель сопряжена со значительными затратами.

Итогом комплексной инвентаризации земель стала база данных, позволившая посредством разработанной для этой цели методики,

провести эколого-экономическую оценку обследованных земель и сделать следующие выводы:

– ограничениями радиационной безопасности возврата земель с учетом допустимых уровней загрязнения целевой продукции служат удельная активность: при пахотном использовании минеральных почв – ^{137}Cs до 259 кБк/м² и ^{90}Sr до 4,1 кБк/м², торфяных почв – до 222 кБк/м² и 30,8 кБк/м² соответственно; при луговом использовании минеральных почв – ^{137}Cs 185 кБк/м², ^{90}Sr – 7,4 кБк/м², торфяных почв – до 37 кБк/м² и 40,7 Ки/км² соответственно.

– экономически допустимыми культуртехническими и производственными характеристиками участков служат: для производства товарной продукции – покрытие древесно-кустарниковой растительностью не крупнее среднего кустарника без учета густоты при приросте удаленности до 10 км или чистых участков при приросте удаленности до 20 км, балл плодородия не ниже 26; для полевого кормопроизводства – покрытие древесно-кустарниковой растительностью не крупнее редкого мелколесья, для лугового использования – не крупнее густого мелколесья, независимо от удаленности.

На момент обследования этим критериям соответствовало 2503 га, или 23 % изъятых из оборота в связи с радиоактивным загрязнением неиспользуемых земель Могилевской области. Согласно прогнозному расчету, площадь земель, пригодных для использования, к 2040 году составит 4270,5 га (42 %) (таблица).

Эколого-экономическая оценка пригодности возврата земель Могилевской области в долгосрочной перспективе (2040 год)

Направление использования	Отрицательное решение, га				Положительное решение, га	
	всего	в т. ч. по ограничениям				
		радиологические	экономические	в комплексе	всего	для 1-го направления
Пахотные земли	2139,9	1094,6	622,6	422,7	2380,6	560,1
Луговые земли	6448,3	2112,0	3066,0	1270,3	3710,4	1889,9
В целом	5888,2				4270,5	

Примечание. Из оценки для пахотного использования исключены 5638 га поймы, для обоих направлений использования 868 га, не имеющих с.-х. потенциала.

Существенно увеличится площадь участков, на которых без ограничений будет обеспечено производство сельскохозяйственной продукции на пищевые цели и кормов для всех видов и технологических групп скота. Их площадь возрастет с 824 до 2022 га (113 участков).

В пахотное использование могут быть вовлечены 133 участка (3003 га). Возможности лугового использования в целом возрастут или с 4785 га до 6776 га (269 участков).

Выводы. Реабилитация радиоактивно загрязнённых сельскохозяйственных земель, отнесенных к радиационно опасным и выведенных из землепользования, представляет собой комплекс нормативно-правовых, рекультивационных и защитных мероприятий, направленных на признание юридического права землепользователя на осуществление хозяйственной деятельности, восстановление сельскохозяйственной ценности земель и обеспечение производства продукции в соответствии с требованиями санитарно-гигиенических нормативов по содержанию радионуклидов.

В Могилевской области по прогнозу площадь земель пригодных для использования по комплексу эколого-экономических критериев к 2040 г. составит 4270,5 га (42 % от неиспользуемых).

ЛИТЕРАТУРА

1. 35 лет после чернобыльской катастрофы: итоги и перспективы преодоления ее последствий: Национальный доклад Республики Беларусь / Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. – Минск : ИВЦ Минфина, 2020. – 152 с.
2. Глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности. Терминология, используемая в области ядерной безопасности и радиационной защиты / Пуб. 1290. Вена, МАГАТЭ, 2007 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/IAEASafetyGlossary2007/Glossary/SafetyGlossary_2007r.pdf.
3. Копчик, Г. Н. Современные подходы к ремедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами (обзор литературы) / Г. Н. Копчик // Почвоведение. № 7. – 2014. – С. 851-868.
4. International Atomic Energy Agency (2006) Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and Their Remediation: Twenty Years of Experience. Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group «Environment» (EGE). Vienna, IAEA; 2006. – 166 pp.
5. Сборник нормативных правовых актов по вопросам преодоления последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС / Институт радиологии, – Минск, 2013. – 160 с.
6. Седукова, Г. В. Инвентаризация земель, выведенных из сельскохозяйственного оборота после катастрофы на Чернобыльской АЭС / Г. В. Седукова, С. А. Исаченко, О. А. Мерзлова // 30 лет после чернобыльской катастрофы. Роль Союзного государства в преодолении ее последствий: материалы науч.-практ. конф. – Горки, 2015. – С. 336–341.
7. Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь (по состоянию на 1 января 2022 года) / Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь. – Режим доступа: http://gki.gov.by/ru/activity_branches-land-reestr.
8. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь: стат. сб. – Мн., 2022. – С. 199.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ УРОВНЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ И МОРФОЛОГИЮ УСТЬЯ РЕКИ КУРА

М. Г. Мустафаев, д-р аграр. наук, зав. лабораторией
мелиорации почв

Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана,
г. Баку, Азербайджан

А. И. Гаджиев, канд. с.-х. наук

Азербайджанский университет архитектуры и строительства,
кафедра «Мелиорация и строительство водного хозяйства»,
г. Баку, Азербайджан

А. Х. Гасанова, ассистент

Азербайджанский университет архитектуры и строительства,
кафедра «Мелиорация и строительство водного хозяйства»,
г. Баку, Азербайджан

Ключевые слова: Каспийское море, река Кура, устья реки, дельты, сток реки, понижение и повышение уровня моря.

Аннотация: В статье рассматриваются изменения гидрологического режима и морфологического строения устья реки Куры при понижении уровня Каспия до 1978 г., при его повышении в 1978–1995 гг. и относительная стабилизация в последние годы. Показаны различия в гидрологоморфологических процессах в устье, обусловленные различиями в стоке наносов реки и уклоне поверхности дельты.

Key words: Caspian Sea, Kura river, river mouths, deltas, river runoff, lowering and rising of sea level.

Abstract: The article examines changes in the hydrological regime and morphological structure of the mouth of the Kura River with a decrease in the level of the Caspian Sea until 1978, with an increase in 1978–1995. and relative stabilization in recent years. Differences in hydrologo-morphological processes at the mouth, caused by differences in the river sediment runoff and the slope of the delta surface, are shown.

Азербайджан – страна с богатыми природными ресурсами, одними из которых
С р б т и а м а н ы р с ы м Ц

ки. По своим размерам, гидрометеорологическим особенностям, разнообразием фауны и по сути процессов, происходящих на акватории, а также геологической истории развития считается морем.

По своим гидрологическим и геоморфологическим особенностям Каспийское море делится на три части: Северная, Средняя и Южная части. Северный и Средний Каспий отделяет Мангышлакский (от полуострова Чечень до банки Гюлалы и далее полуостров (Тюб - Караган), а Средний и Южный Каспий Апшеронский пороги (между полуостровами Апшеронский и Челекен). Максимальная глубина этих частей соответственно равна 25,788 (Дербендская впадина) и 1025 м (Ленкоранская впадина), а средняя глубина составляет 4,4; 192 и 345 м (рис. 1). В Каспийское море из территории Азербайджанской Республики попадают реки Гусар, Гудял, Гарачай, Велвеле, Атачай, Сумгайыт, Джейранкечмез, Пирсагат, Кура, Виляш, Ленкорань, Тенгеруд и Самур.

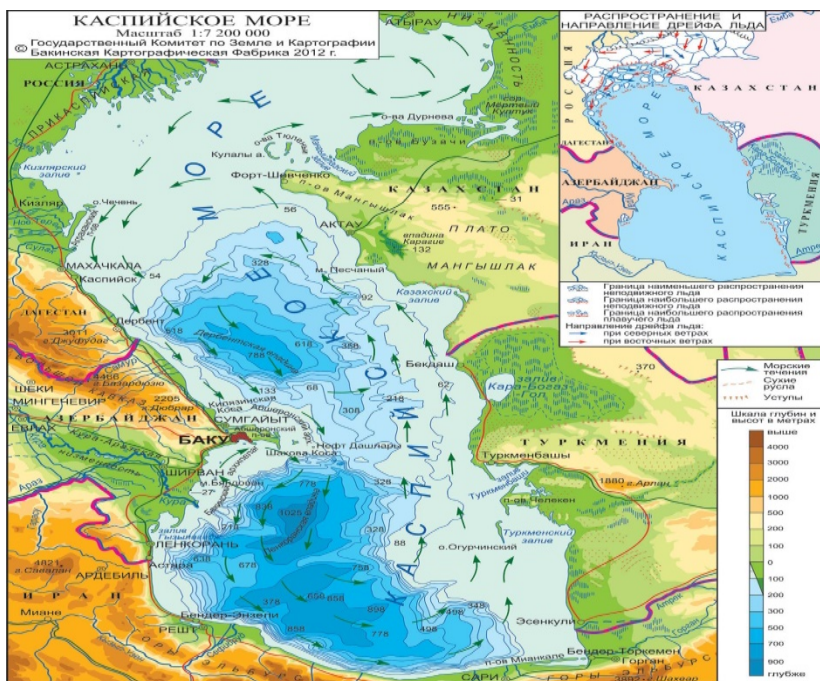


Рис. 1. Каспийское море

На Кура-Аразской равнине за исключением реки Кура нет других, которые попадают в море. Кура является самой крупной рекой, которая попадает из западного берега моря. Кура играет важную роль в поддержании биологической продуктивности всего моря.

Азербайджанское побережье моря на севере (Самур-Дивичи) во многих местах состоит из аккумулятивных низменностей, а в центральной части (Кура-Араз) и южных частях аллювиальных низменностей. Береговая линия от р. Самура до Апшеронского полуострова мало изрезанная. На этом участке только на дельте р. Самура, в районах мыс Амия и Гилязинской косе наблюдаются выступы в сторону моря. Берега здесь составлены из песка и гравий, они аккумулятивные, а мыс Амия и Гилязинская коса в основном каменистые и имеют абразионное происхождение.

Апшеронский полуостров, который является продолжением Большого Кавказа, вытягиваясь вглубь моря, усложняет берег. Будучи самым большим полуостровом во всем западном берегу, Апшеронский полуостров (дл. Более 60 км, шир. до 30 км) во многих местах имеет изрезанный берег. Характерны маленькие аккумулятивные заливы и мыса состоящие из коренных пород (Сарыгабашы, Кохне Бильгах, Шувалан, Герган и т. д.). В результате постройки дамбы (1941) между полуостровом и островом Пираллахи вместе бывшего Апшеронского пролива образовались Северные и Южные Апшеронские заливы. Шаховая коса, вытянутая в сторону моря на 12 км является окончанием полуострова. В южной стороне полуострова, между мысами Султан и Шых расположена Бакинская бухта. Между Апшеронским полуостровом дельта реки Кура расположены мыса Пута, Сангачал, Алат и Пирсагат, состоящие из коренных пород грязе-вулканического происхождения. В связи с заливами, образованными между ними, берег сравнительно неровный. Дельта реки Кура является самой крупной (площадь пр. 100 км², длина 12 км) дельтой на западном берегу моря. В последнее время в результате уменьшения взвешенных наносов реки и подъема уровня моря дельта Куры подвергается абразии. Южнее этой дельты, дугообразно параллельно к юго-западным берегам протягиваются полуострова Курдили (длина 32 км, ширина до 4,5 км) и Сары (Сара). Между полуостровами Курдили и Сары расположен самый широкий в Азербайджанских берегах Кызыл-Агачский залив.

В результате постройки укрепления между конечностью полуострова Сары и городом Лиман малый Кызыл-Агачский залив превратился в закрытый водоем. Также в результате интенсивного смыва север-

ного берега Курдили в его середине в последние годы образовался естественный пролив. Южнее города Лиман берег протягивается в меридиональном направлении в сторону реки Астара.

В Азербайджанской шельфовой зоне Каспийского моря образуются сложные течения разного происхождения и масштаба. Как и во всем Каспийском море, так и в его Азербайджанском шельфе основными причинами течений являются скорость и направления ветра, речной сток (особенно р. Волга) и термохалинность моря. Среди всех проблем моря современное экологическое состояние, колебания уровня и политический статус занимает особое место. На сегодня колебание уровня является основным проблемным вопросом каспийского моря. Непостоянство уровня, который колеблется в больших амплитудах, является самой характерной особенностью Каспийского моря. По данным палеогеографических и исторических исследований за последний 3 тыс. лет диапазон колебания уровня составлял 15 м. Первые измерения уровня Каспийского были начаты 1830 году в Баку, основа его было заложено академиком Э. Х. Ленцом. За весь период инструментальных наблюдений максимальный уровень (–25,2 м) был наблюден в 1882, а минимальный (–29,0 м) 1977 г. В период 1978–95 гг. уровень моря поднялся на 2,5 м. На колебания уровня влияют климатические, геологические и антропогенные факторы. При этом основной причиной колебания уровня являются климатические факторы. Он воздействует на приходные (сумма стока рек в море, подземного стока и осадков на поверхность моря) и расходные (испарения с поверхности моря и сток в залив КараБогаз-Гол) части моря. Нарушение водного баланса приводит к изменению уровня моря, т.е. если приходная часть больше уровень поднимается, наоборот уровень падает.

Уровень Каспия является функцией водного баланса этого бессточного водоема: уровень повышается, когда приходные составляющие водного баланса (сток воды рек и количество осадков на поверхность моря) превышают расходные составляющие (потери воды на испарение, включая отток вод в залив Кара-Богаз-Гол), и, наоборот, он понижается, если расходные составляющие превосходят приходные. В этих изменениях водного баланса Каспия ключевую роль играют колебания стока рек: его доля в приходных частях водного баланса моря составляет 77–80 % (из них вклад стока Волги 62–64 % приходной части водного баланса). В период 1930–1941 гг. уровень моря резко упал на 1,96 м. Затем к 1977 г. он снизился еще на 1,17 м, в этом году средний уровень моря оказался са-

мым низким за последние приблизительно 400 лет. В 1978–1995 гг. уровень Каспия неожиданно и резко поднялся на 2,35 м. В последние 15 лет отмечается относительная стабилизация уровня Каспия. К 2002 г. уровень снизился на 54 см, к 2006 г. поднялся на 20 см, а затем к 2010 г. снизился на 21 см. Таким образом, некоторая тенденция к понижению уровня все же проявилась [1–4].

Изменения уровня Каспийского моря периодически создает социально-экономические и экологические проблемы в прибрежной зоне. При понижении все гидротехнические сооружения, в том числе портовые, проектируются заново. Уменьшаются площади шельфовой зоны, необходимые для развития фауны моря, создает препятствие для прохода рыб на реки с целью нереста. Отрицательные изменения происходит также в гидрометеорологическом режиме этой зоны (рис. 2).

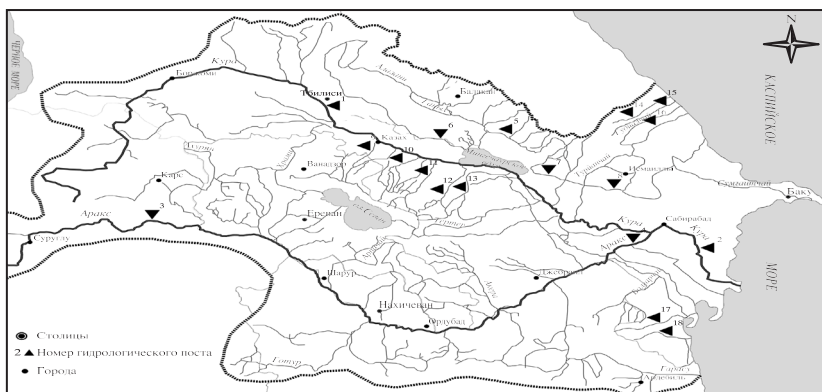


Рис. 2. Расположение гидрологических постов

При повышении уровня колоссальный ущерб наносится на социально-экономическую условие, ухудшается экологическая ситуация, образуются болота, строения и земли, другие коммуникации остаются под водой. Ущерб, нанесенный Азербайджану в результате подъема уровня в 1978–95 гг. составил 2 млрд. долл. США. Вторым по важности внешним фактором, влияющим на устья рек, является сток воды. Его изменения у каспийских рек были как естественными, так и (особенно для стока наносов) антропогенными.

Сток Куры был зарегулирован в результате сооружения Мингечаурского (1952) водохранилища. В результате сток наносов реки

уменьшился в 2,2 раза [1–4]. Третий внешний фактор, воздействующий на устья рек (в основном разрушающий морские берега дельт), морское волнение. Преобладающее волнение и обусловленный им вдольбереговой поток наносов направлены в районе устьев Терека и Сулака на север, в районе устья Куры – на юг.

На мелководных устьевых взморьях Волги и Урала волнение слабое. Согласно положениям классической геоморфологии снижение уровня приемного водоема и соответствующее понижение общего базиса эрозии должны способствовать активизации процессов дельтообразования и выдвиганию дельт в приемные водоемы и сопровождаться врезанием русел рек и их крупномасштабной эрозией.

Опыт изучения реакции устьев рек, впадающих в Каспийское море в период значительного падения его уровня в XIX–XX вв. (вплоть до и то же снижение среднегодового уровня Каспия с 1900 по 1977 г. на 3,44 м вызвало ускоренное выдвигание всех дельт в море, но с совершенно разной интенсивностью и – вопреки положениям геоморфологии – сопровождалось не только усилением эрозии и врезанием русла, но в некоторых случаях и активной аккумуляцией речных наносов и повышением русла [5].

Важными экологическими последствиями снижения уровня моря и выдвигания дельты Куры с 1852 по 2008 г. в море стали снижение уровня грунтовых вод в дельтах и деградация влаголюбивой растительности. Классическая геоморфология утверждает, что повышение уровня приемного водоема (общего базиса эрозии) всегда ведет к возникновению подпора, затоплению низменных участков побережья и отступанию береговой линии. Опыт исследования реакции берегов Каспийского моря, в частности речных дельт, показывает, что и эти положения не всегда соответствуют действительности. Одно и то же повышение среднего уровня Каспия в период 1978–1995 гг. на 2,35 м привело в устьях разных рек, впадающих в этот водоем, к разным последствиям [5].

Повышение уровня Каспия в 1978–1995 гг. повлекло несколько гидрологических и экологических последствий: подпор распространился на довольно большое расстояние вверх по течению; повышение уровня воды в море и рукавах дельт привело к некоторому усилению воздействия волнения на берега и несколько облегчило распространение вверх по течению штормовых нагонов; повышение уровня воды в зоне подпора привело к изменению глубины в смежных рукавах; подь-

ем уровня моря привел к повышению уровня грунтовых вод и гидроморфизации растительного покрова.

Нужно особо отметить необычные процессы в период повышения уровня моря, которые произошли в дельте реки Кура. Здесь, в середине 1990-х гг. произошел перелив вод через правый берег юго-восточного рукава дельты, что привело к прорыву вод на юг, образованию новых островов и отмиранию нижней части упомянутого рукава.

В условиях относительной стабилизации уровня Каспия после 1995 г. с тенденцией к некоторому его понижению устья реки Куры претерпела небольшие изменения. Во время паводков, наблюдавшихся после подъема уровня воды в Каспийском море (1988, 1993, 2003 гг.), несмотря на то, что река Кура составляла 1500,1760,1735 м³/с и наличие прибрежных дамб в отдельных местах, там были большие трудности с транспортировкой воды к морю, на прилегающих территориях происходили затопления построек и хозяйств. Во время наводнения на реке Кура в 2010 году были затоплены территории по берегам рек Сальян, Сабирабад, Саатлы, Гаджигабул, Ширван, Имишли, некоторые населенные пункты и фермерские хозяйства были затоплены, тысячи частных домов, социальных объектов были разрушены или повреждены. Было затоплено около 50 000 гектаров, более 20 000 домов остались под водой. Полностью разрушено более 300 домов, затоплено 10 000 га пашни и пастбищ [6].

В дельте Куры к 2000 г. в устье образовавшегося ранее прорыва сформировался конус выноса с веерообразной сетью небольших протоков. К югу от устья отмершего юго-восточного рукава из продуктов его волнового разрушения продолжала расти морская коса. К 2005 г. русловая сеть дельты вновь изменилась. На космоснимке обнаружен новый прямой рукав, выходящий в море в восточном направлении. Юго-западный прорыв сохранился на снимках и 2005 и 2008 гг. Выступ в устье отмершего юго-восточного рукава укоротился на 1 км; длина морской косы в этом месте увеличилась с 3 до 5 км и коса «развернулась» – ее северный конец сместился на запад, южный – на юг [1–4].

Из работ ученых, проводивших гидрогеологические исследования на Кура-Аразской равнине, известно, что изменение уровня воды в Каспийском море также приводит к изменению уровня грунтовых вод на этих территориях. За последние 100 лет Кура-Аразская равнина оказала значительное влияние на засоление почв Каспийского региона.

Повышение уровня воды в Каспийском море резко сократило сток воды в устье Куры и усилило процесс седиментации [6].

Заключение. Характер гидролого-морфологических процессов в устье реки в будущем будет в первую очередь зависеть от направленности и величины понижения или повышения уровня Каспия. При прогнозе этих процессов может быть использован опыт их исследования. Результаты анализа реакции устья реки Кура на понижение или повышение уровня Каспийского моря могут быть использованы в качестве аналогов при прогнозе процессов в устьях соседних рек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чуйков, Ю. С. Возвращаясь к проблемам Каспия часть 1 / Ю. С. Чуйков // Астраханский вестник экологического образования. – 2011. – № 1 (17). – С. 43–87.
2. Михайлов В. Н., Кравцова В.И., Магрицкий Д.В. Гидролого-морфологические процессы в дельте р. Куры // Водн. ресурсы. 2003. – № 5. – 30 т.
3. Михайлов, В. Н. Дельты каспийских рек и их реакция на изменение уровня моря / В.Н. Михайлов, В. И. Кравцов, Д. В. Магрицкий // Вестн. Каспия. – 2004. – № 6. – С. 60–104.
4. Михайлов, В. Н., Михайлова В.Н. Дельты как индикаторы естественных и антропогенных изменений режима рек и морей // Вестн. Каспия. 2003. – № 6. – 30 т.
5. Иманов, Ф. А. Изменение стока рек в каспийское моретерритории республики Азербайджан / Ф. А. Иманов, Р. Г. Вердиев // Известия ран. серия географическая, 2016. – № 4. – С. 90–95.
6. Гасанов, Ф. Г. Динамика изменения уровня воды в Каспийском море и ее влияние на окружающую среду / Ф. Г. Гасанов, А. Х. Гасанова // Журнал экологии и водного хозяйства. Баку, 2020. – № 3. – С. 24–27.

УДК 626.8:005.418(476)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АГРОМЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

С. В. Набздоров, ст. преподаватель

В. В. Васильев, канд. с.-х. наук, доцент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: реконструкция, мелиоративные системы, глубокое рыхление, дренаж, эффективность.

Аннотация. Приводятся различные аспекты эффективности применения агромелиоративных мероприятий на мелиорированных поч-

вах республики Беларусь. Дается оценка влияния агромелиоративных мероприятий на параметры дренажа. Предлагаются конкретные рекомендации по применению агромелиоративных мероприятий на мелиоративных почвах.

Key words: reconstruction, ameliorative systems, deep loosening, drainage, efficiency.

Summary: Various aspects of the effectiveness of the application of agro-reclamation measures on reclaimed soils of the Republic of Belarus are given. An assessment of the impact of land reclamation measures on drainage parameters is given. Concrete recommendations are offered for the application of agro-reclamation measures on meliorative soils.

Несмотря на имеющиеся объективные трудности, продолжается реконструкция мелиоративных систем, в рамках реализации Государственной программы. В 2016–2020 годах в республике выполнена реконструкция мелиоративных систем на площади 174,5 тыс. гектаров, введено в сельскохозяйственный оборот 6,5 тыс. гектаров новых высокоплодородных мелиорированных земель. Ежегодно на мелиоративных системах выполняется комплекс неотложных ремонтно-эксплуатационных работ, в рамках которого осуществлялось окашивание более 90 тыс. километров каналов, на 10,5 тыс. километров каналов осуществлялась очистка от сверхнормативного заиления, выполнялся ремонт более 2,3 тыс. водорегулирующих и переездных сооружений, а также работы по управлению водным режимом на мелиорированных землях. Выполнение данных работ позволило обеспечить использование более 2,6 млн. гектаров мелиорированных земель для производства продукции растениеводства. Согласно Государственной программы планируется к концу 2025 года ввести в сельскохозяйственный оборот 137,9 тыс. гектаров реконструированных мелиоративных систем и 2,8 тыс. гектаров высокоплодородных мелиоративных земель, включая ранее законсервированные объекты [1].

Анализ проектов и реализуемых на практике решений по реконструкции мелиоративных систем, показывает, что при этом выполняются следующие основные мероприятия: комплексы работ по приведению в порядок открытой осушительной сети, ремонт и усиление регулирующего действия закрытого дренажа, организация поверхностного стока, культуртехнические работы и освоение мелиорируемых земель, ремонт ранее построенных и строительство новых переездных и регулирующих сооружений, ремонт внутрихозяйственных дорог,

агротехнические мероприятия. Применение этих мероприятий во многом оправдано, так как в зависимости от того, насколько они учитывают природные условия и характер почвенного покрова, процессы антропогенной эволюции в используемых земледельцами почвах могут протекать в направлении окультуривания или деградации. При этом эффективность использования земель во многом зависит от их контурности. В среднем по Беларуси размер контура пахотных земель составляет 12,2 га, сенокосных – 4,3, пастбищных – 3,9 и в целом сельскохозяйственных земель – 7,0 га. На общем фоне по размерам контуров пахотных земель сильно контрастирует Витебская область, где средний размер контура пахотных земель составляет 6,0 га, сенокосных – 1,6, пастбищных – 2,4, а в среднем сельскохозяйственных земель – 3,8 га. Контурность пахотных земель сказывается на их продуктивности. На рабочих участках, имеющих размер до 2 га, наблюдается снижение урожайности на 23–28 %. В условиях же северо-восточной части Беларуси, где преобладают связные почвы, на каждые 100 га приходится до 60 и более замкнутых понижений, расчленяющих пашню на участки неправильной конфигурации. При этом на пашне вокруг них образуются огрехи и необработанные участки, которые активно зарастают сорной растительностью. Основное количество таких замкнутых понижений (западин) имеют площади до 0,2 га, а средняя их площадь составляет 0,01 га. До двух, а иногда и трех месяцев в западинах застаивается поверхностная вода. При невозможности их обработки западины быстро зарастают древесно-кустарниковой растительностью. Традиционные способы осушения таких земель систематическим дренажем всегда были трудоемкими, энергозатратными и малоэффективными. Поэтому при реконструкции таких земель целесообразно применять выборочный дренаж в сочетании с агромелиоративными приемами обработки почвы и мероприятиями по организации поверхностного стока [2].

Анализ проектов реконструкции мелиоративных систем показывает, что для каждого мелиоративного объекта выбирается наиболее эффективная группа инженерных способов осушения, и в дополнение к ним разрабатывают систему агромелиоративных и агротехнических мероприятий. При этом главной задачей осушения тяжелых почв является ускорение поверхностного стока и удаление избыточной воды из пахотного слоя. При глубоком рыхлении основным путем регулирования водно-воздушного режима почвы является перераспределение влаги между слоями вертикального профиля почвы. На мелиорирован-

ных почвах, лишь в отдельные периоды – весной, после снеготаяния, летом и осенью, после обильных дождей – возникает необходимость сброса избыточной воды с сельскохозяйственных полей с помощью дренажа, играющего предохранительную роль против чрезмерного скопления влаги в разрыхленном слое [3].

Глубокое рыхление подпахотных слоев – это активный прием усиления внутрипочвенного стока и накопления полезной влаги в подпахотном слое. Глубокое рыхление почвы позволяет повысить осушительное действие дренажа на тяжелых почвах благодаря увеличению пористости и водопроницаемости почвы, и ускорению отвода поверхностного и внутрипочвенного стока в дрены. Глубокое рыхление необходимо выполнять на дренированных тяжелых минеральных почвах атмосферного водного питания с коэффициентом фильтрации менее 0,1 м/сут. Глубокое рыхление эффективно также при наличии уплотненных слабопроницаемых прослоек на глубинах 0,2–0,6 м и с коэффициентом фильтрации пахотного слоя 0,1–0,3 м/сут.

Чтобы обеспечить высокую эффективность глубокого рыхления, способы и глубина его должны быть дифференцированы, в зависимости от степени уплотнения, глубины залегания и мощности водоупорных горизонтов, вызывающих скопление верховодки. Проводят рыхление на глубину 0,6–0,8 м. На участках с уклоном поверхности земли до 0,003 предусматривают сплошное рыхление, а при больших уклонах поверхности выполняют полосное рыхление с расстоянием между полосами 1,2–1,5 м. Рыхление нужно выполнять под прямым (но не менее 75°) углом к дренам. Глубина рыхления должна быть на 0,2–0,3 м меньше глубины залегания дрен. Глубокое рыхление делают летом после прекращения дренажного стока или ранней осенью при влажности почв 60–80 % от наименьшей влагоемкости. При меньшей влажности почвы качество рыхления снижается. Коэффициент фильтрации грунта в зоне рыхления после выполнения работы по рыхлению увеличиваются в 90–100 раз.

Улучшение водно-физических свойств почвы под влиянием глубокого рыхления приводит к заметному увеличению объема дренажного стока. Объем дренажного стока в первый год после проведения глубокого рыхления увеличился на 72 %, а в среднем за четыре года объем дренажного стока увеличился на 26 %.

Улучшение водного режима мелиорированных почв под влиянием глубокого рыхления почвы приводит к лучшему перераспределению влаги в зоне рыхления как во влажные, так и в засушливые периоды.

Во влажные периоды влажность пахотного слоя почвы ниже, чем на участке, где рыхление не проводилось. В летние же засушливые периоды, наоборот, влажность пахотного слоя почвы на участках с рыхлением была значительно выше. Повышение абсолютного значения влажности почвы составило 5–10 %, что соответствует слою воды в 30–50 мм. На контрольном участке без дренажа подобной картины благоприятного перераспределения влаги не наблюдалось [3].

Для повышения плодородия мелиорированных почв, сохранения и улучшения водно-физических свойств одновременно с глубоким рыхлением можно применять химическую и биологическую мелиорации: внесение рассчитанных доз извести, химвелиорантов, органических и минеральных удобрений. На разрыхленных почвах обычно выращивают сельскохозяйственные культуры с интенсивно развивающейся корневой системой.

Применение глубокого рыхления почвы на мелиорированных тяжелых почвах способствует ускоренному окультуриванию почвы. При проведении глубокого рыхления увеличиваются порозность, водовместимость и водопроницаемость почвы, усиливаются аэрация почвенного профиля и развития аэробной почвенной микрофлоры, снижается почвенная кислотность, улучшаются многие условия естественного плодородия почвы. Урожай различных сельскохозяйственных культур на полях, где проводится глубокое рыхление в целом на 20–25 % выше, по сравнению с мелиорированными землями с обычной обработкой этих полей.

Еще одной особенностью хозяйственных мероприятий при реконструкции мелиоративных систем является учет фактора водной эрозии. Ведь лессовидные суглинки относятся к эрозионноопасным землям. В процессе выполнения исследований водная эрозия почвы наблюдалась на участках, осушаемых выборочным дренажем, где поверхность почвы имела перепады отметок до 7–8 м. На протяжении периода наблюдений водная эрозия увеличивалась с каждым годом и в некоторых местах глубина размыва составила 30–40 мм. Опыты и расчеты показали, что ежегодные потери почвы от водных эрозий составляют 18–20 т/га, гумуса – 190–200 кг/га, азота – 24–26, фосфора – 8–10, калия – 65–70 и кальция – 250–300 кг/га. Урожайность многолетних трав на слабо эродированных почвах снижается на 10–20, средне – на 20–30 % и сильно – в 1,5–2 раза.

Проведенные исследования подтвердили, что 30 см слой лессовидных суглинистых почв при применении различных способов осушения

может поглотить и удержать без переувлажнения примерно 40 % талых вод, аккумулировать и отвести ливневые осадки. Поэтому, в проекты реконструкции мелиоративных систем на таких почвах обязательно следует закладывать мероприятия по углублению обрабатываемого и созданию мощного пахотного слоя. Вместе с тем следует отметить, что при всех обстоятельствах необходима ликвидация компактности подзолистого слоя и создание в конечном счете более мощного (25–35 см) однородного по плодородию слоя почвы с новыми улучшенными качествами. Основу севооборотов на периодически переувлажняемых связных минеральных почвах должны составлять зерновые культуры и многолетние травы. Максимальный выход продукции обеспечивает структура посевных площадей, включающая 3–4 поля зерновых в 8–9-польном севообороте и примерно столько же многолетних трав. С увеличением степени увлажнения и содержания глинистых частиц в почве доля многолетних трав должна увеличиваться, а зерновых и пропашных культур уменьшаться.

Учет указанных выше мероприятий при проектировании позволит повысить качество проектно-сметной документации и эффективность реконструкции мелиоративных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 1 фебр. 2021 г. №59 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Национальный центр правовой информации Республики Беларусь. – Минск, 2021. – 115 с.

2. Васильев, В. В. Особенности хозяйственных мероприятий при реконструкции мелиоративных систем северо-восточной части Беларуси / В. В. Васильев, С. В. Набздор // Научно-технические и экономические проблемы природопользования: сборник материалов международной научно-практической конференции. – Брест, 2012., 6–2012. – С. 28–30.

3. Васильев, В. В. Применение глубокого рыхления на мелиорированных почвах Республики Беларусь / В. В. Васильев, О. А. Шавлинский // Экономическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. Вып.8 / под общей редакцией Ю. А. Можайского, В. И. Желязко. – М.: ООО «Сам Полиграфист» 2020. – С. 45–48.

РОЛЬ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ОРОСИТЕЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ

Т. В. Наумова, канд. техн. наук

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова»,
г. Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: физическое моделирование, аналитические методы, принятие решений, управление орошением

Аннотация: рассматривается необходимость использования имеющегося научно-технического и технологического потенциала и дальнейшего его развития при расширении масштабов аналитических методов в процессе принятия решений управления оросительными системами.

Key words: physical modeling, analytical methods, decision-making, irrigation management

Abstract: the necessity of using the existing scientific, technical and technological potential and its further development with the expansion of the scope of analytical methods in the decision-making process of irrigation systems management is considered.

Современное развитие орошаемого земледелия определяется переходом на новый технологический уровень управления оросительными системами с использованием информационно-коммуникационных и цифровых технологий, а также проведением анализа и оценки принимаемых решений, результаты которых являются импульсом к дальнейшему совершенствованию и развитию системы управления орошением. Научное обеспечение процесса принятия решений в управлении орошением играет определяющую роль в обеспечении безаварийной и бесперебойной подачи сельхозпроизводителям воды требуемого количества и качества для получения устойчивых и высоких урожаев [1].

Процесс принятия решений в управлении орошением на современном технологическом уровне предусматривает рассмотрение во взаи-

мосвязи технических, социально-экономических, экологических, организационных и других аспектов управления. Необходимость комплексного подхода в решении водохозяйственных задач определила существенные различия между научными и аналитическими исследованиями. Указанные различия обуславливают особенности методов и методологии научных и аналитических исследований. Научные исследования ориентированы на открытие достоверных, подтвержденных экспериментом и наблюдением законов природы, используя соответствующие методы их изучения, одним из которых является физическое моделирование. В то же время аналитические исследования ориентированы на системный подход в решении комплексных проблем, используя метод системного анализа, прогнозирование и методы принятия решений в условиях неопределенности и риска.

Научные исследования, особенно фундаментальные, рано или поздно могут приводить к практическим результатам, но это происходит не всегда. Зачастую фундаментальные научные открытия дают практические результаты через десятки лет. Напротив, аналитические исследования в технической, социально-экономической, экологической и т. д. областях знаний должны приносить практические результаты в повседневной практической деятельности управления орошением, т. е. «сегодня» или «завтра». Понятно, что аналитические исследования должны учитывать результаты, полученные в науке, и опираться на них насколько это возможно и необходимо [2]. Таким образом, переход на новый технологический уровень управления орошительными системами позволяет по-новому подойти к осмыслению имеющегося научно-технического и технологического потенциала, накопленного за прошедшие годы.

В свое время, во ВНИИГиМ при наличии больших производственных мощностей проводились научные исследования в области гидротехники, позволившие получить уникальные результаты в области прикладных и фундаментальных исследований. На рис. 1 представлен общий вид гидротехнической лаборатории ВНИИГиМ, действующей до середины 90-х годов.

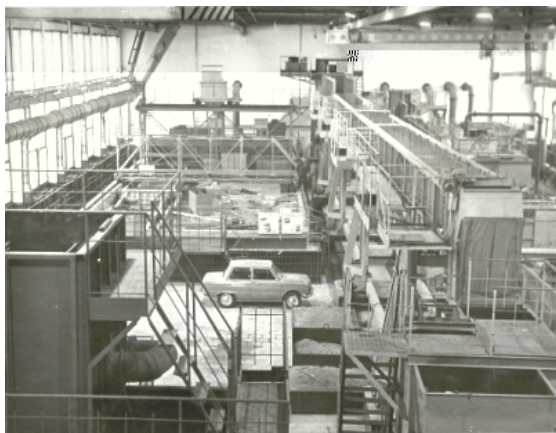


Рис. 1. Гидротехническая лаборатория ВНИИГиМ

Особое место в исследованиях уделялось изучению русловых процессов на реках, несущих обильные донные и взвешенные наносы, и гидротехническим сооружениям, расположенных на них. Полученные эмпирические зависимости позволяют рассчитать и оценить общую направленность происходящих деформаций речного русла и каналов, а также сделать научно обоснованный выбор мероприятий по обеспечению безопасного функционирования водозаборных узлов оросительных систем. Следует отметить значительный фундаментальный вклад ВНИИГиМ в общую теорию движения наносов, что имеет большое практическое значение, как в настоящем, так и в будущем, например, при разработке систем принятия решений по прогнозированию опасных русловых деформаций [3]. Попытка создания такой системы принятия решений была предпринята ещё в 70-е годы в рамках разрабатываемой в те годы АСУ, которая оказалась не востребованной.

Важное значение физического моделирования можно проиллюстрировать на примере моделирования процесса саморазмыва при проектировании сопряжения канала Волго-Дон с рекой Дон. Исследования проводились на русловой размываемой модели, представленной на рис. 2. Без проведения данного физического моделирования очень трудно было предугадать возникновение процесса меандрирования из-за образования конуса выноса в р. Дон вследствие разницы величин транспортирующей способности р. Дон и размываемой пионерной траншеи. Результатом

исследований была доказана невозможность строительства канала способом саморазмыва и получения проектного профиля канала [3].

В последнее время, в связи с увеличением сейсмической активности в Средней Азии, вновь возник интерес к проблемам Сарезкого озера. Возможности гидравлической лаборатории ВНИИГиМ позволили провести уникальный эксперимент по исследованию последствий обрушения грунтовых масс в озеро. На рис. 3 представлен рабочий момент проведения модельных исследований различных волновых режимов в Сарезском озере вследствие обвалов и оползней. Полученные экспериментальные зависимости волновых процессов позволяют спрогнозировать объемы перелива воды через естественно образовавшуюся плотину при различных вариантах обрушения скального грунта в озеро и оценить масштабы возможных катастрофических последствий [4].

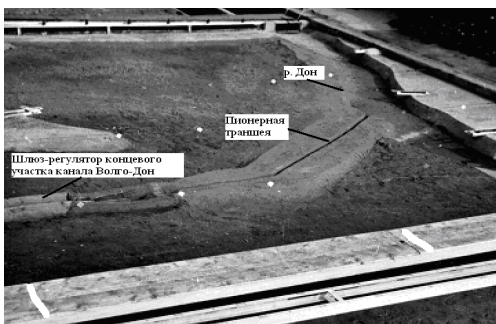


Рис. 2. Модельные исследования сопряжения канала Волго-Дон с р. Дон методом саморазмыва при помощи устройства пионерной траншеи

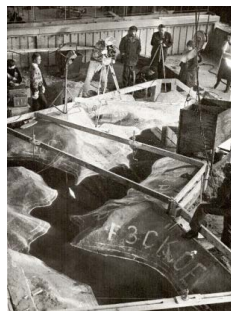


Рис. 3. Модельные исследования волновых режимов в Сарезском озере вследствие обвалов и оползней

К сожалению 90-е и последующие годы негативным образом сказались на рабочем состоянии гидротехнической лаборатории ВНИИГиМ, приведшим к ее запущению. В то же время накопленный научный потенциал оказывал и оказывает неоценимую помощь в проведении натурных исследований теперь уже проводимых на новом технологическом уровне и с помощью современной измерительной аппаратуры. Это значительно ускоряет разработку мероприятий по предотвращению различного рода негативных последствий при эксплуатации оросительных систем и отдельно стоящих гидротехнических сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Наумова, Т. В. Проблемы технического состояния оросительных систем Юга России и переход управления орошением на новый технологический уровень / Т. В. Наумова // Гидротехническое строительство. – № 1. – 2022. – С. 1–5.
2. Системный анализ и аналитические исследования: руководство для профессиональных аналитиков / А. И. Ракитов [и др.]. – М., 2009. – 448 с.
3. Заиление и промыв ирригационных отстойников и водохранилищ / А. Г. Хачатрян [и др.]. – М.: Колос, 1966. – 239 с.
4. Баронин, В. В. Моделирование волновых режимов в озерах вследствие обвалов и оползней // Сб. научных статей ВНИИГиМ. – М., 1985. – С. 32–39.
5. Наумова, Т. В. Эксплуатационные методы сокращения захвата донных наносов в водозаборы и проблемы их внедрения / Т. В. Наумова, А. М. Кушер, И. Ф. Пикалова // Мелиорация и водное хозяйство. – 2017. – № 1. – С. 15–21.
6. Медведев, С. С. Натурные исследования русловых деформаций на реке Оби и мероприятия по предотвращению опасных размывов / С. С. Медведев [и др.] // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – № 5. – С. 45–47.

УДК 631.6

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ СУММАРНОГО ИСПАРЕНИЯ И ОРОСИТЕЛЬНОЙ НОРМЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

И. В. Ольгаренко, д-р техн. наук

Д. С. Переверзева, аспирант

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт
им. А. К. Кортунова филиал ФГБОУ ВО «Донской ГАУ»,
г. Новочеркасск, Российская Федерация

Ключевые слова: орошение, суммарное испарение, транспирация, урожайность сахарной свёклы, водный баланс, биоклиматические коэффициенты.

Аннотация: В статье приведены результаты исследований, проведенных для установления степени влияния оросительной нормы и интенсивности процессов эвапотранспирации на урожайность сахарной свёклы.

Keywords: irrigation, total evaporation, transpiration, sugar beet yield, water balance, bioclimatic coefficients.

Summary: The article presents the results of studies conducted to determine the degree of influence of the irrigation norm and the intensity of evapotranspiration processes on the yield of sugar beet.

Предметом исследований является урожайность сахарной свёклы и её изменчивость при различных поливных нормах в различные по водообеспеченности годы. Актуальность изучения объекта исследований основана на возможности применения полученных результатов при определении водного баланса почв на орошаемых площадях. Исследованиями в области возделывании свеклы в разные годы занимались А. М. Алпатьев, Н. А. Нечипоренко [1, 2]. Приходная часть уравнения водного баланса состоит из влагозапасов почвы в начале и конце вегетационного периода, эффективных осадков и оросительной нормы. Оросительная норма является контролируемой величиной и её научное обоснование гарантирует получение оптимальных урожаев и рационализацию водопотребления мелиоративными хозяйствами при возделывании культур. Расходная часть водного баланса характеризуется суммарным испарением (эвапотранспирацией) и потерями оросительной воды. В тоже время, значительная часть воды, потребляемая сахарной свёклой, расходуется на транспирацию, которая является частью процесса суммарного испарения. Таким образом, целью исследования является получение характеристик зависимости урожайности сахарной свёклы от величин суммарного испарения и оросительной нормы. Задачи, поставленные для достижения цели: проведение полевых опытов, направленных на выявление зависимостей между урожайностью сахарной свёклы, оросительной нормой и суммарным испарением с последующей обработкой результатов методами математической статистики, получение уравнения и графиков, характеризующих наличие взаимосвязей описываемых процессов.

Поскольку выбранный метод исследования предполагал наличие полевых испытаний, то местом их проведения стали репрезентативные участки ОАО «Нива», располагающиеся в Веселовском районе Ростовской области.

Известно, что каждой стадий развития посевов сахарной свеклы присуща разная теплообеспеченность и для объединения таких периодов принята шкала относительной суммы температур воздуха. Соотношение оросительных норм к таким периодам необходимо для получения количественной оценки (в процентном выражении) расходования воды на каждой стадии развития растений от общей оросительной нормы (табл. 1).

Таблица 1. Распределение оросительной нормы по периодам

№ периода	Даты периода		Расходование воды в % от общей оросительной нормы
	начальная	конечная	
1	01.05	15.06	10–15
2	15.06	31.08	50–65
3	31.08	15.10	15–20

Путем анализа полученных данных об элементах водного баланса (табл. 2) удалось установить, что увеличение поливной нормы от 0,8м до 1м способствует значительному приросту урожайности сахарной свеклы и интенсификации процессов суммарного испарения.

Таблица 2. Составляющие водного баланса и урожайности свёклы в вегетационный период, Д = 25 % («среднесухой» год)

Вариант опыта	Элементы водного баланса, мм					У, т/га	К _{ЕТ} , мм/т	К _М , мм/т
	W _Н	Р	М	W _к	ЕТ			
Д = 25 % («среднесухой» год)								
1 (m)	321	160	370	302	559	52,2	10,7	7,8
2 (0,6m)	320	160	222	270	438	34,9	12,5	6,5
3 (0,8m)	325	160	296	288	501	43	11,7	7,1
4 (1,2m)	320	160	452	315	617	53,4	11,7	8,5
Средние	321, 5	160	335	294	529	45,8	11,7	7,5
σ (мм)	2,6		963	19,27	76,8	8,6	0,74	0,87
V (%)	0,8		28,7	6,5	14,5	18,8	6,3	11,6
НСР _{0,5} = 4,7 т/га								
Д = 50 % («средний» год)								
1 (m)	320	220	300	320	530	53,8	9,9	5,6
2 (0,6m)	322	220	180	280	430	37,9	10,9	4,2
3 (0,8m)	330	220	240	310	460	47,1	9,8	4,7
4 (1,2m)	325	220	360	325	580	54,0	10,0	5,9
Средние	327	220	270	308,8	506	48,2	10,2	5,1
σ (мм)	4		88,5	20,16	60,56	7,6	0,51	1,1
V (%)	1,4		33,5	6,7	12,5	15,8	5,0	21,6
НСР _{0,5} = 3,9 т/га								
Д = 75 % («средневлажный» год)								
1 (m)	350	250	210	320	490	55,8	8,8	3,76
2 (0,6m)	350	250	126	300	426	45,8	9,3	2,75
3 (0,8m)	344	250	168	314	448	50,8	8,8	3,3
4 (1,2m)	345	250	252	335	512	53,8	9,5	4,7
Средние	347,3	250	189	328	469	51,5	9,1	3,6
σ (мм)	10,1		54,2	14,5	39,07	4,3	0,93	0,8
V (%)	2,9		28,7	4,6	8,3	8,4	10,2	22,9
НСР _{0,5} = 4,1 т/га								

Такие результаты отображаются в первых и третьих вариантах опытов вне зависимости от влагообеспеченности года исследований. Увеличение поливной нормы свыше 1м также приводит к росту урожайности, однако затраченное количество воды (1,2м) в условиях дефицита водных ресурсов оказывается малоэффективным при сравнительном анализе данных о приросте урожайности. В тоже время оросительные нормы в «среднесухой» год выше, чем в «средневлажный», однако показатели суммарного испарения за «среднесухой» год выше, чем в другие годы по обеспеченности. Такие результаты позволяют сделать вывод о том, что суммарные показатели температур за вегетационный период участвуют в формировании процессов суммарного испарения наряду с тем, как оказывают влияние на показатели водообеспеченности лет.

Путем использования математическо-статистических методов при обработке результатов исследований получены двухфакторные уравнения зависимости изменения урожайности от оросительных норм, на основании которых можно рассчитать наиболее эффективный вариант режима орошения при условии лимитированности водных ресурсов.

$$Y_o = -0,76 M_o + 1,8M_o - 0,063, \quad (1)$$

где Y_o – показатель, представляющий собой отношение фактической урожайности – Y_ϕ к Y_{opt} , полученной при регулировании влажности в пределах 0,8м – 1м для расчетного года;

M_o – показатель, представляющий собой отношение фактической нормы M_ϕ , обеспечивающей получение урожая – Y_ϕ к оросительной норме M_{opt} , обеспечивающей поддержание влажности почвы в пределах 0,8НВ-НВ для расчетного года.

Установленные зависимости имеют корреляционные отношения, которые равны 0,71 и 0,81 соответственно.

Дефицит водных ресурсов предполагает рациональное их использование, возможное при внедрении наукоемких технологий и методик, что в свою очередь, выполнимо при применении обоснования режимов орошения для почвенно-климатических условий места расположения сельскохозяйственных угодий. Для эффективного управления водным режимом растений в зависимости от водопотребности для различных стадий развития, установлены закономерности «суммарное испарение – урожайность» (рис. 1) и «урожайность – оросительная норма» (рис. 2) [3, 4].

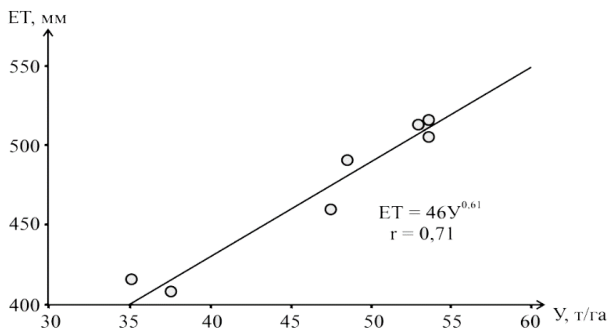


Рис. 1. Зависимость урожайности от эвапотранспирации сахарной свеклы

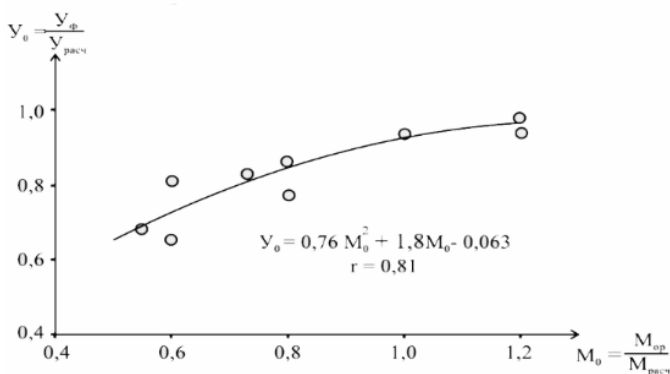


Рис. 2. Зависимость урожайности сахарной свеклы от оросительной нормы:

Y_0 – соотношение фактической урожайности ($Y_{\text{ф}}$) к расчетной ($Y_{\text{расч}}$);

M_0 – соотношение фактической оросительной нормы ($M_{\text{ф}}$) к расчетной ($M_{\text{расч}}$)

Результатами, достигнутыми при проведении исследований, стало получение количественных значений динамики урожайности при изменении оросительной нормы при возделывании сахарной свеклы. На основании полученных двухфакторных уравнений зависимости изменения урожайности от оросительных норм построены графики, отображающие взаимосвязи урожайности сахарной свеклы от оросительной нормы и интенсивности процесса эвапотранспирации. Используя полученные результаты полевых опытов для дифференциации оросительных норм в целом можно сделать вывод, что их уменьшение

на 20 % и 40 % приводит к снижению урожайности 33 %, 26 %, 17 %, 16 %, 13 %, 9 % в исследуемые годы различного дефицита естественного увлажнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нечипоренко, Н.А. Биологические основы высоких урожаев сахарной свеклы. – Алма-Ата: Кайнар, 1966. – 217 с.
2. Алпатов, А.М. Биофизические основы водопоотребления орошаемых культур // Орошаемое земледелие в Европейской части СССР. – Киев, 1965. Вып. 2. – С. 15–17.
3. Ольгаренко, И. В. Рационализация режима орошения в условиях изменчивости гидрометеопараметров (на примере кормовой свеклы) / И. В. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – № 1. – С. 36–38.
4. A method of integral efficiency evaluation of water use on irrigation systems / Ольгаренко В. И., Ольгаренко Г. В., Ольгаренко И. В. / 18th international multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2018, water resources, forest, marine and ocean ecosystems (hydrology and water resources). 2-8 July 2018, Albena, Bulgaria.

УДК 378.147:53(467.4)

ЛИЧНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД В ПРЕПОДАВАНИИ КУРСА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ 1-го КУРСА БГСХА

М. П. Подобед, ст. преподаватель

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: профессиональная подготовка, личностно ориентированное обучение, педагогическая технология, личностно-профессиональное развитие.

Аннотация: данная статья посвящена рассмотрению возможностей применения личностно-ориентированного обучения физике в системе формирования профессиональных компетенций специалиста, его готовности к работе в современных условиях. В статье показаны различные понимания личностного подхода в образовании; определены функции личностно-образовательной среды; дана характеристика профессионально-ориентированных технологий.

Key words: professional training, personality-oriented learning, pedagogical technology, personal and professional development.

Abstract: this article is devoted to the consideration of the possibilities of using student-centered teaching of physics in the system of forming the professional competencies of a specialist, his readiness to work in modern conditions. The article shows different understandings of the personal approach in education; the functions of the personal-educational environment are defined; the characteristic of professionally oriented technologies is given.

Цель личностно-ориентированного образования состоит в том, чтобы заложить в студенте механизмы самореализации, саморазвития, адаптации, саморегуляции, самозащиты, самовоспитания и другие, необходимые для становления самобытного личностного образа. Личностно-ориентированное образование предполагает, что в ходе овладения обучающимся определенными профессиональными знаниями, умениями, навыками и компетенциями необходимо обеспечить ему возможность для самообучения и саморазвития. Следовательно, содержание профессионального образования должно включать в себя такие компоненты, как:

1) когнитивный, который обеспечивает формирование целостной картины мира у обучающегося и является инструментом практической и познавательной деятельности студента;

2) ценностный, который помогает обучающемуся в выборе личностно значимой системы ценностных ориентаций и способствует формированию профессиональной направленности личности;

3) деятельностно-творческий, который содействует формированию и развитию у обучающихся творческих способностей и разнообразных способов деятельности, необходимых для самореализации и самоактуализации личности в профессиональной и социокультурной сферах;

4) личностный, который обеспечивает формирование у обучающегося способности к самопознанию и самосовершенствованию, помогает его жизненному и профессиональному самоопределению, формирует его личностную позицию.

Поступив в вуз, как правило, у студентов наблюдается не очень высокий уровень мотивации обучения физике, стремления достижения поставленных целей.

Для прочного усвоения знаний по предмету требуется сформировать позитивное отношение, интерес студентов к изучаемому материалу. Поэтому перед преподавателем стоит задача организовать учебный процесс так, чтобы он стал познавательным, творческим процессом, в котором учебная деятельность студентов становится успешной,

а знания востребованными. Один из возможных вариантов решения этой задачи заключается в разработке лично-ориентированного подхода к обучению студентов, когда во главу угла ставится личность студента, её самобытность, уникальность, неповторимость.

Личностно-деятельный подход в процессе обучения физике предполагает выполнение таких видов деятельности, которые будут обеспечивать развивающее воздействие на все сферы личности студента, способствуя мотивации к изучению физики.

В лично-ориентированном образовании студент – главное действующее лицо всего образовательного процесса. Преподаватель становится не столько «источником информации» и «контролером», сколько диагностом и помощником в развитии личности студента. Организация такого учебного процесса предполагает наличие руководства, формула которого вполне может быть взята у М. Монтессори – «помоги мне сделать это самому».

Для того чтобы у студентов повысились творческая активность, любознательность, самостоятельность, инициативность, желание знать и верить в собственные возможности, необходимо: использование разнообразных форм и методов организации учебной деятельности, позволяющих раскрыть субъективный опыт студентов, полученный в школе; создание атмосферы заинтересованности каждого студента в работе; использование методического материала, позволяющего студенту выбирать наиболее значимые для него вид и форму учебного содержания; оценка деятельности студента не только по конечному результату, но и по процессу его достижения; поощрения студента за нахождение своего способа выполнения задания; создание педагогических ситуаций общения на занятии, позволяющих каждому студенту проявлять инициативу, самостоятельность, изобретательность в способах выполнения задания; предоставление возможности для естественного самовыражения студента.

В своей работе использую некоторые элементы современных педагогических технологий лично-ориентированного обучения: технология полного усвоения знаний; технология исследовательского обучения.

При изучении физики существует три вида занятий:

- 1) лекция;
- 2) практические занятия;
- 3) лабораторные занятия [2].

При проведении лабораторных занятий применяю зачетную форму обучения. Зачеты позволяют проверить каждого студента, выявляя пробелы в его подготовке. Каждый студент должен продемонстрировать результаты усвоения материала в целом, показать, насколько осмысленно и систематично овладел изученным материалом. В преддверии зачета студенты имеют возможность получить консультацию по вопросам, вызвавшим затруднения.

При возникновении затруднений в ходе выполнения лабораторной работы прибегаю к помощи сильных студентов, которые выступают в роли преподавателя и объясняют, консультируют по тому или иному вопросу. Если процесс обучения прошел успешно, «преподаватели» имеют возможность получить высокий бал не только за знания, но и за обучения своего товарища.

Метод проектов обеспечивает личностно ориентированное воспитание в обучении, так как он практически вбирает в себя и другие современные технологии, например обучение в сотрудничестве. Проектная методика дает возможность включить студентов в реальное общение, опираясь на исследовательскую деятельность, на совместный труд, и увидеть реальные результаты своего труда. Работа над проектом предполагает создание максимально благоприятных условий для раскрытия и проявления творческого потенциала студентов, развивает их воображение, фантазию, мышление. При этом формируется внутренний мотив и желание узнать что-то новое или сделать своими руками. Начинаем с мини-проектов. Практикуем составление задач различного уровня сложности.

Развитию творческого мышления способствует целенаправленная организация исследовательской деятельности студентов. Исследовательскую деятельность можно организовывать по любой теме изучаемого курса физики в виде написания студенческих статей. Задания подобного типа вызывают подлинный интерес к изучаемому материалу, стимулируют дополнительное чтение, подготавливают к более глубокому и осмысленному восприятию изучаемого материала, интересному решению проблемы. Так, при изучении темы «Оптика» студенты землеустроительного факультета всегда с особым интересом слушают информацию о применении законов оптики в геодезических приборах. За ней следует вопрос: «Где применяется оптика в геодезии?». Предлагаю несколько методик, консультирую по данному вопросу. Студенты написали статьи «Методы изучения гравитационного поля Земли», «Влияние рефракции на геодезические измерения» с которыми выступали на конференциях, что способствует приобретению опыта выступ-

ления перед публикой, умений четко излагать свои мысли, анализировать, обобщать, делать выводы.

Исследовательская работа – это не только условие успешной самореализации творческой личности, но и возможность общения с единомышленниками – сверстниками и взрослыми [3].

Таким образом, использование личностно ориентированного обучения на занятиях физики позволяет студентам реально оценивать свои возможности, между преподавателем и студентами устанавливаются партнерские отношения, комфортная психологическая атмосфера, повышается качество знаний. А лучшей наградой служит возрастающий интерес ребят к предмету.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дендебер, С. В. Современные технологии в процессе преподавания физики: развивающее обучение, проблемное обучение, проектное обучение, кооперация в обучении, компьютерные технологии / С. В. Дендебер, О. В. Ключникова. – 2-е изд. – М.: 5за знания, 2008. – 112 с.

2. Лаврентьев, В. В. Требования к уроку как к основной форме организации учебного процесса в условиях личностно ориентированного обучения: методические рекомендации / В. В. Лаврентьев // Завуч для администрации школ. – 2005. – № 1. – С. 83–88.

УДК 631.6

УЧЕТ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ПРИ ВОДОБАЛАНСОВЫХ РАСЧЕТАХ

И. А. Романов, ассистент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: орошение, сроки полива, режим орошения, водный баланс, поверхностный сток

Аннотация: в статье рассмотрено влияние поверхностного стока на определение сроков полива. Определено, что сток является существенным элементом водного баланса на отдельных элементах склона.

Keywords: irrigation irrigation, significant irrigation, irrigation regime, water balance, surface runoff

Summary: the article considers the influence of surface runoff on the timing of irrigation. It is determined that the runoff is an essential element of the water balance on individual elements of the slope.

Засушливые явления на территории Беларуси являются одной из причин снижения урожайности сельскохозяйственных культур. Наиболее эффективным решением данной проблемы является регулирования водного режима почв посредством орошения [1, 2].

Водобалансовые расчеты являются одним из распространенных методов определения сроков полива, однако точность данных расчетов находится в сильной зависимости от точности определения каждого элемента водного баланса. Расчет водного баланса на склонах имеет ряд особенностей, одной из которых является появления такого расходного элемента водного баланса, как поверхностный сток [3].

Суть водобалансовых расчетов заключается в определении приходных и расходных элементов водного баланса почвы за интервал времени с учетом начальной влажности почвы [3]. Водобалансовый расчет на склоне ведется по формуле:

$$W_k = W_n + (P + m) - (\varphi E + C + S), \quad (1)$$

где W_k – конечные влагозапасы;

W_n – начальные влагозапасы;

P – осадки;

m – поливная норма;

φ – коэффициент, учитывающий увлажненность почвы;

E – эвапотранспирация культуры;

C – внутripочвенный сток;

S – поверхностный сток.

Водопотребление растений определяется по формуле (2):

$$E = 0,1 K_{tm} \cdot \sum t_m, \quad (2)$$

где E – эвапотранспирация культуры;

K_{tm} – биотермический коэффициент культуры;

$\sum t_m$ – сумма максимальных суточных температур за предыдущие даты расчета 10 суток.

Биотермические коэффициенты для многолетних трав, как и коэффициент, учитывающий увлажненность почвы, взяты согласно рекомендациям

$$\varphi = \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{W_{\text{нв}}}{W_{\text{н}}} - 1 \right)^2 \right], \quad (3)$$

где $W_{\text{нв}}$ – наименьшая влагоемкость;

$W_{\text{н}}$ – влагозапасы на начало суток.

Внутрипочвенный сток определялся по формуле (4):

$$C = (W_{\text{н}} - E_m - W_{\text{нв}}) \left(\frac{t}{T} \right)^a + P \left(\frac{t}{T} \right)^b, \quad (4)$$

где C – внутрипочвенный сток;

t – продолжительность расчетного интервала (одни сутки);

T – количество суток до полного стекания гравитационной влаги из расчетного слоя (двое суток);

a и b – эмпирические коэффициенты [3].

Для учета поверхностного стока под многолетними травами нами предложена зависимость [4]

$$S = P i^b, \quad (5)$$

где i – уклон поверхности участка;

b – впитывающая способность почвы.

На рис. 1 изображена теоретическая зависимость влияния величины поверхностного стока от типа почвы и уклона.

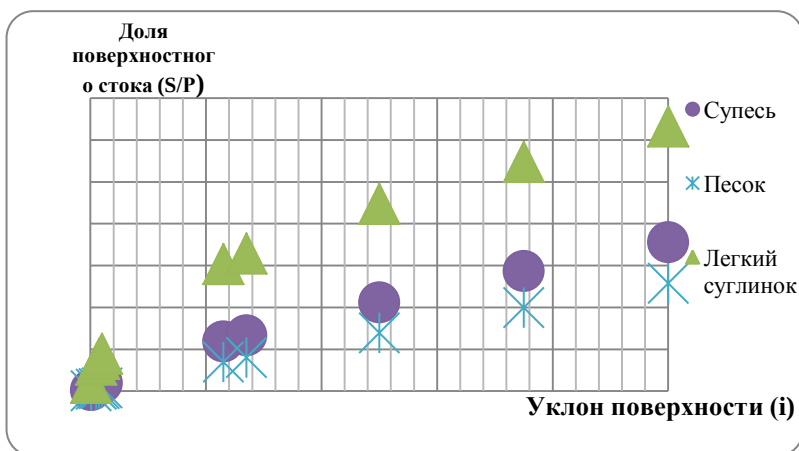


Рис. 1. График изменения величины поверхностного стока

Анализ рис. 1 показывает, что наибольшее значение стока наблюдается на суглинистых почвах, при уклоне поверхности равным 0,1, величина стока достигает 30 % от выпавших осадков.

Таким образом, на склоновых участках величина поверхностного стока может достигать значительных величин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Набздоров, С. В. Эффективность орошения сахарной свеклы при разных дозах внесения минеральных удобрений в условиях Восточной части Беларуси / С. В. Набздоров // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 4. – С. 124–128.
2. Желязко, В. И. Приемы снижения накопления ТМ в почвах и растительной продукции / В. И. Желязко, Ю. А. Мажайский, О. Е. Доронина // Плодородие. – 2007. – № 2 (35). – С. 38–40.
3. Лихацевич, А. П. Управление режимом орошения сельскохозяйственных культур в условиях Беларуси / А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина, И. А. Романов // Мелиорация. – 2019. – № 2 (88). – С. 18–25.
4. Романов, И. А. Расчет элементов водного баланса почвы под многолетними травами в сложных условиях / И. А. Романов, А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина // Мелиорация. – 2022. – № 2 (100). – С. 49–60.

УДК 628.3.0343

УТИЛИЗАЦИЯ СТОЧНЫХ ВОД И ИХ ПЕРСПЕКТИВЫ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

Л. М. Рыскулбекова, д-р PhD,

ст. преподаватель кафедры «Водные ресурсы и мелиорация»
Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
г. Алматы, Республика Казахстан

Ключевые слова: утилизация сточных вод, водные ресурсы, поля орошения, методы обработки утилизации, обезвреживание осадков, теплоэнергетический баланс, урбанизация, индустриализация, рациональное водопользование, химические удобрения, экологические проблемы.

Аннотация. В статье представлены краткий систематический обзор современного состояния научных результатов об условии формирования осадков сточных вод и их применение в сельскохозяйственной отрасли.

Проведен сравнительный анализ основных способов очистки сточных вод и определение степени вредного влияния существующего спуска сточных вод, проверить санитарную эффективность осуществлённых мероприятий по их очистке.

Рассмотрены разработки технологических систем методов по получению биогаза, методика биореакторов для биологической очистки сточных вод, способы утилизации сточных вод, образующихся в процессе очистки. Изучены параметры процессов обработки обезвреживания осадков и перебродившей биомассы для получения химических удобрений. Изучено влияние орошение сточными водами на состав и свойства почвы, на урожайность и качество сельскохозяйственной продукции.

Key words: Wastewater disposal, water resources, irrigation fields, disposal processing methods, sludge disposal, heat and energy balance, urbanization, industrialization, rational water use, chemical fertilizer, environmental problems.

Abstract: The article presents a brief systematic review of the current state of scientific results on the conditions for the formation of sewage sludge and their application in the agricultural industry.

A comparative analysis of the main methods of wastewater treatment and the determination of the degree of harmful effects of the existing wastewater discharge were carried out, and the sanitary efficiency of the measures taken to clean them was checked.

The development of technological systems of methods for obtaining biogas, the technique of bioreactors for biological wastewater treatment, methods for utilizing wastewater generated in the purification process are considered. Studied are the parameters of the processing processes for the neutralization of sediments and fermented biomass to obtain chemical fertilizers. The influence of irrigation with wastewater on the composition and properties of the soil, on the yield and quality of agricultural products has been studied.

Введение. Республика Казахстан является развитой страной в промышленном отношении, но остро ощущается дефицит водных ресурсов. Это связано с тем, что Республика Казахстан занимает одно из последних мест среди государств СНГ по водообеспеченности, так как все крупные реки являются транзитными. В целом по республике наблюдается нарастающая тенденция загрязнения водоемов, что вызывает дефицит водных ресурсов [1–2].

Оценка экологического состояния окружающей среды достигалась путем сравнения наблюдаемых концентраций загрязнителей в окру-

жающей природной среде с установленными нормами геоэкологического состояния, а также изучением тенденций возможного развития ситуации в районах водоотведения сточных вод г. Алматы [1–5].

В осадки сточных вод переходит 50–80 % тяжелых металлов (Pb, As, Hg, Cd, Ni, Cr, Mn, Zn, Cu), поступающих в составе стоков на очистные сооружения. Их содержание зависит от времени года степени очистки промышленных сточных вод. В подготовленных сточных водах содержатся также токсичные соли, тяжелые металлы, фенол, фтор, ртуть и многие биогенные элементы. Элементы, усиливающие поступление в растения тяжелых металлов, увеличивают их фитотоксичность. Применение сточных вод без учета содержания в них тяжелых металлов приводит, как правило, к геоэкологическому загрязнению почв [6–7].

Материалы и методы исследования. Методы разработки новых технологических решений, обеспечивающих высокое и стабильное качество очистки сточных вод, является актуальной и востребованной. При этом основная задача состоит в изыскании возможностей для применения осадка сточных вод в сельскохозяйственном производстве, где можно было бы построить свою деятельность на них, как на вторичных материальных ресурсах [8–9].

Результаты и обсуждение. В отличие от многих других регионов сточные воды г. Алматы подвергаются относительной механической и экологической очистке. Взятые пробы сточной воды в сбросном канале свидетельствуют о существенном изменении механического и химического ее состава, после очистки, когда очищенная вода мало чем отличается от природной, например, в р. Каскелен табл. 1.

Таблица 1. Сравнительная характеристика химического состава воды в р. Каскелена и сбросном канале после очистки сточных вод

№ п/п	Гидрохимические составы	Единица измерения	в р. Каскелена	В сбросном канале
1	Ph (кислотность)	ед.	7,9	7,4
2	HCO ₃ (биокарбонат)	мг/л	249,2	109,7
3	(хлор)	–	45,0	61,2
4	SO ₄ (сульфат)	–	199,4	71,3
5	NO ₃ (нитрат)	–	13,1	8,7
6	NO ₂ (двуокись азота)	–	следы	следы
7	Ca (кальций)	–	64,3	27,6
8	Mg (магний)	–	27,7	5,4
9	Na + K (натрий + калий)	–	69,1	70,7
10	Сухой остаток	–	425,4	351,0
11	Жесткость	мг.экв	5,4	1,01
12	Окисляемость	02/л	5,84	5,37

Как свидетельствуют показатели табл. 1, в сбросной воде несколько повышена кислотность и содержание хлора, но меньше других химических элементов: серы, марганца, кальция, сухого остатка в целом, чем в р. Каскелена, откуда осуществляется орошение кормовых и продовольственных культур, а также водопой скота [10]. Сложность оценки сточных вод для орошения заключается в том, что необходимо учитывать содержание загрязнителей не только в сточной воде, но и почве, а также выращиваемых культурах, степень увлажняемой усвояемости (адсорбированные) которых различна по своей биологической природе.

По литературным материалам и исследованиям (А. Н. Костяков) оценка оросительной воды по общей минерализации должна иметь следующие показатели [6]: содержание растворимых солей мг/л, не более 400, 400-1000, 1000-3000, более 4000; характеристика воды, хорошая, требует осторожного применения опасна для растений засоляет почву.

Особенно необходимо проявлять осторожность при возделывании сельхоз культур, когда в сточной воде имеются тяжелые металлы. При этом необходимо руководствоваться пределом их допустимости в воде [11; 12].

Таблица 2. **Максимальная концентрация микроэлементов в поливной воде, мг/л**

№ п/п	Микроэлементы	Концентрация	Микроэлементы	Концентрация
1	Барий	0,1	мышьяк	0,05
2	Бор	0,5	никель	0,1
3	Бром	0,2	ртуть	0,0005
4	Ваннадий	0,1	свинец	0,05
5	Вольфрам	0,05	селен	0,001
6	Кадмий	0,001	фтор	1,5
7	Кобальт	1,0	хром	0,5
8	Марганец	10,0	цинк	1,0
9	Медь	0,25	сурьма	0,01

Химический состав культуры в севообороте при орошении сточными водами определяется природно-климатическими и организационно-хозяйственными условиями, а также существующими санитарными правилами, согласно последним, запрещается полив овощей, картофеля, бахчевых культур, а также фруктовых деревьев и ягодников. При контроле качества сельскохозяйственной продукции руководствуются содержанием в ней микроэлементов. Например,

СН РК 3.04-11-2020 «Гидромелиоративные системы и сооружения» предусматривается в кормах учитывать около 25 микроэлементов (табл. 3).

Таблица 3. Временные максимально-допустимые уровни содержания некоторых химических элементов в растительных кормах для сельскохозяйственных животных

№ п/п	Основные показатели	Виды кормов		
		зерно в зернофураж	грубые и сочные корма	корне- и клубнеплоды
1	Ртуть	0,10	0,05	0,05
2	Кадмий	0,20	0,50	0,30
3	Свинец	6,00	5,00	5,00
4	Мышьяк	0,50	0,50	0,50
5	Медь	30,0	30,0	30,0
6	Цинк	50,00	50,00	50,00
7	Железо	100,00	100,00	100,00
8	Сурьма	0,50	0,50	0,50
9	Никель	2,00	2,00	2,00
10	Селен	0,50	1,00	2,00
11	Хром	0,50	0,50	0,50
12	Фтор	10,00	20,00	20,00
13	Иод	2,00	2,00	5,00
14	Молибден	2,00	2,00	2,00
15	Кобальт	1,00	1,00	2,00

Как дефицит, так и повышенное содержание микроэлементов в кормах вызывает нарушения деятельности организма животных, снижает их продуктивность и жизненные функции. А тяжелые металлы не разрушаются в почве, воде, растениях и организме животных, переходя лишь из одного соединения другое.

Опыт использования сточных вод свидетельствует о существенном народнохозяйственном значении и увеличении продуктов сельского хозяйства вблизи больших городов и крупных промышленных центров [12].

Осадки городских очистных сооружений представляют собой органические (до 80 %) и минеральные (около 20 %) примеси, выделенные из воды в результате механической, биологической и физико-химической очистки. Осадки часто содержат высокие концентрации тяжелых металлов, а также патогенную микрофлору, яйца гельминтов. Выделяемые осадки сточных вод вредные газы могут превышать пре-

дельно допустимые концентрации. Разработана новая технология утилизации осадков и активного ила после биологической очистки городских сточных вод.

Выводы. Загрязнение окружающей среды может привести к развитию в водоемах необратимых процессов, вызывая зачастую негативные изменения, способствующих их прогрессивному истощению. Резкое возрастание водопотребления и водоотведения создает серьезную угрозу водным ресурсам в особенности в густонаселенных и экономически развитых регионах. С каждым годом возрастают санитарные требования к качеству очищенных сточных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водный кодекс Республики Казахстан. 2003 г. № 481-П (с изменениями и дополнениями по состоянию на 29.06.2018г.). – Республика Казахстан, 2003. – 175 с.
2. Экологический кодекс РК «Об охране окружающей природной среды» – Республика Казахстан, 2021. – 445 с.
3. СН РК 4.01.-03-2011 Канализация. Наружные сети и сооружения. – Астана, 2012 г.
4. СН РК 4.01.-02-2009 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – Астана, 2010
5. СТ РК ГОСТ Р 51232-2003 «Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля». СТ РК ГОСТ Р 51309-2003 «Вода питьевая. Определение содержания токсичных элементов методом атомной спектроскопии». 2020 г. – 144 с.
6. СНиП РК СН РК 1.02-01-2016. Строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами МИН.НАЦ.ЭКОН. РК. 2020 г. – 320 с.
7. Костяков, А. Н. Основы мелиорации. Серия учебники для вузов / А. Н. Костяков. – Изд. 6-е, испр. и перераб. – Сельхозгиз, 1960. – 430 с.
8. Воронов, Ю.В. Водоотведение: учебник / Ю. В. Воронов, Е. В. Алексеев, В. П. Саломеев. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 415 с.
9. Кривошеин, Д. А. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков: учеб. пособие / Д. А. Кривошеин, П. П. Кукин, В. Л. Лапин. – М.: Высш. шк., 2003. – 344 с.
10. Воронов, Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод / Ю. В. Воронов, С. В. Яковлев. – М.: ИАСВ, 2006. – 704 с.
11. Адельшин, А. Б. Расчет сооружений механической очистки сточных вод населенных пунктов: учеб. пособие / А. Б. Адельшин, А. С. Селюгин. – Казань: КГАСУ, 2010. – 57 с.
12. Приймак, Л. В. Водоотведение и очистка сточных вод. Водоотведение поверхностного стока с территории населенных пунктов и площадок промышленных предприятий: учеб.-метод. пособие / Л. В. Приймак, О. Г. Дубровская. – Электрон. текстовые дан. – Красноярск: СФУ, 2015. – 43 с.

АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ И МЕЛИОРАТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА ТЕРРИТОРИЯХ, ОЧИЩЕННЫХ ОТ НЕФТЕЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ

Ф. А. Садыгов, д-р философии по аграрной науке, доцент
Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана,
г. Баку, Республика Азербайджан

Ключевые слова: рекультивация, рекультивация, почва, биоудобрение, деградация, нефтяное загрязнение.

Аннотация: Целевое использование рекультивированных территорий завершается после проведения первого этапа биологической рекультивации. Необходимо провести лесоразведение из мест, покрытых породами около промыслов. В других районах можно обеспечить выполнение агротехнических мероприятий посадкой, из сельскохозяйственных растений следует рассмотреть овощи, кормовые растения, зерновые, ячмень, кукурузу, плоды, гранаты, инжир, маслины, фенхель.

Key words: recultivation, soil, biofertilizer, degradation, oil pollution.

Annotation: The intended use of reclaimed areas is completed after the first stage of biological remediation. It is necessary to carry out afforestation from places covered with rocks near the fishery. In other areas, it is possible to ensure the implementation of agrotechnical measures by planting, from agricultural plants, vegetables, fodder plants, cereals, barley, corn, fruits, pomegranates, figs, olives, fennel should be considered.

После рекультивации и очистки нефтезагрязненных земель здесь следует провести ряд агротехнических и мелиоративных мероприятий для целевого использования площади. Эти территории могут быть использованы для сельского хозяйства, облесения, санитарии, отдыха и других целей.

Вид и объемы предстоящих работ должны планироваться предприятием, ведомством и организацией под территорией и готовиться необходимые проектно-сметные документы. В системе агротехнических мероприятий ключевое место занимает определение вида растений, подлежащих посадке на очищаемом от нефти и нефтепродуктов участке. Эти мероприятия начинаются с вспашки

и рыхления поля. Размягченный пахотный слой легко впитывает влагу и просачивается вниз. Этот процесс осуществляется с выровненным хлопком, в результате чего верхний слой почвы переворачивается вверх дном, а нижний слой переворачивается.

Специалисты считают целесообразным сажать однолетние или многолетние кормовые травы в первую очередь на очищенных от нефти участках. В этом направлении рекомендуется сеять простые бобовые (люцерна, клевер луговой и др.) и ряд многолетних кормовых трав (относящихся к семейству злаковых).

Целевое использование рекультивированных земельных участков начинается после первого этапа биологической рекультивации. На участке рекомендуется сажать овощи, кормовые растения, зерновые (на зерно ячмень, кукуруза на силос) и плодовые деревья (гранат, маслина, инжир, йида) из сельскохозяйственных растений. Рекомендуется проводить лесоразведения и рекреационные мероприятия в местах, где бор завален камнями. Поля, предназначенные для посева кормовых трав, перед посевом следует вспахать, а поля, предназначенные для посадки овощных, зерновых и лесоплодовых культур, перед вспашкой внести соответствующие минеральные удобрения, провести вспашку и мероприятия по смягчению почвы. Подачу удобрений на рекультивируемые площади и структуру посевных площадей следует организовывать только на основе почвенных карт и агрохимических картограмм.

Почвенные карты являются ценнейшим документом для разграничения почв друг от друга, составления различных агротехнических документов и внедрения их в поле. На карте показан механический состав почвы, заболачивание, эрозия, засоление и т. д. отображается. На картограмме количества элементов питания в почве показано количество азота, фосфора и калия в поглощенном растением виде в почвенной среде, а также определена доза удобрений для высаживаемых растений. В картограмме почвы сгруппированы по их качественным характеристикам (картограмма группировки почв для сельскохозяйственного производства).

Следует помнить, что всю рекомендуемую годовую норму удобрений целесообразно вносить в почвы, слабо обеспеченные питательными веществами, необходимыми растениям, половину этой нормы – в умеренно обеспеченные почвы и одну треть или половину – в сильно обеспеченные почвы. Необходимо соблюдать

процессы преобразования и перемещения удобрений, чтобы обеспечить сохранение питательных веществ в почве на мелиорированных участках, где растения могут их поглощать.

Установлено, что при внесении удобрений близко к стволу дерева или зоне расположения корневой системы кустов растение лучше их усваивает.

Вносимое в почву удобрение взаимодействует там, претерпевает ряд изменений, не остается прежним, а превращается в определенные формы соединений. При внесении в почву фосфат-ион суперфосфата подвергается химической абсорбции, образуя соединения, менее растворимые в воде. При химической абсорбции ион фосфата взаимодействует с кальцием, алюминием и железом. Образуются алюминиевые и железофосфатные соединения, плохо растворимые и с трудом усваиваемые растением.

В стадии биологической ассимиляции, когда выращивают сельскохозяйственные растения, органические удобрения в почву не вносят. Однако вместо них вносят высокие дозы минеральных удобрений. Почвы, загрязненные нефтью, так как соотношение N:P:K не очень оптимально для деятельности почвенных микроорганизмов, целесообразно вносить в ферментационный слой минеральные соли (азот, фосфор и калий) в виде удобрений.

При отсутствии минеральных удобрений для этой цели можно давать субстраты (птичий и животный навоз, ил, компост и др.).

Биологическая деятельность в слое рекультивации становится более эффективной при внесении органических удобрений совместно с активными минеральными веществами в фазе механической рекультивации. На этапе биологической рекультивации при внесении минеральных удобрений растения в достаточной мере снабжаются элементами питания, а это, в свою очередь, ускоряет разложение «остаточной» массы нефтепродуктов.

На нефтезагрязненных территориях скорость разложения нефтепродуктов в почве зависит от взаимодействия биогенных элементов (N, P, K). Наличие благоприятных условий в почвенной среде и создание нормального соотношения между этими элементами и микроорганизмами оказывает существенное влияние на разложение нефтяных углеводородов.

Если во время вспашки в почву, богатую питательными веществами, внести удобрения, растение будет плохо расти в первую

фазу роста. Во избежание этого на таких землях первую подкормку вносят при высадке рассады в поле, а вторую подкормку вносят в период цветения и колошения растения. Во время подкормки удобрение следует вносить недалеко от места, где развивается корневая система растения. Достичь этой цели можно, если подкормку проводить рано, то есть до того, как корневая система уйдет вглубь. Время и глубина подкормки должны быть связаны с состоянием корневой системы растения.

Восстановление биологической продуктивности нефтезагрязненных почв значительно ускоряется при посеве многолетних кормовых трав, относящихся к пшенице и бобовым, в первые годы биологической ассимиляции на рекультивируемых участках.

Норма посева семян на участке должна быть увеличена на 30 % по сравнению с обычными земельными участками. В первую очередь на рекультивируемых участках рекомендуется засеивать семенами однолетних и многолетних кормовых трав, относящихся к семейству злаковых (тонгалоту-трава кошачий хвост), а люцерну и ячмень с разнородными семенами высевать в ряд.

Соответственно определяют глубину заделки и механический состав комка. Глубина посева должна быть до 2 см, если гранулометрический состав почвы глинистый и тяжело зернистый, и 3 и 4 см соответственно, если он средний, легкозернистый и песчаный.

В полупустынной сухой субтропической почвенно-климатической зоне нашей республики оптимальным периодом выращивания кормов считается осень (октябрь), а бобовых – первая декада апреля. Осенний посев кормовых трав более соответствует их биологическим потребностям, что обуславливает высокий показатель продуктивности по зеленой массе в первый год биологической мелиорации.

На биологическом этапе рекультивации для сидерификации следует использовать зеленую массу растений, выращенных в течение двух лет. Если на второй год густота кормовых трав составляет 70–80 % проектного покрытия, то эти нефтезагрязненные почвы следует понимать как восстановление биологической продуктивности.

После завершения этапа биологической мелиорации на полях возделывают зональные сельскохозяйственные культуры. Рекультивируемые участки отличаются от нормально развитых почв (полупустынных серо-бурых, орошаемых полупустынных серо-бурых)

тем, что они обеспечены элементами питания, особенно гумусом, и имеют благоприятную структуру.

При использовании рекультивированных участков нефтяных и горных месторождений в сельскохозяйственных целях необходимо предусмотреть устройство на участках защитных лесных полос. При укладке на поле защитных лесных полос используют листья ивы, камфоры, ивы обыкновенной, сосны эльдаровой, маслины, граната и др. рекомендуется использовать толерантные лесоплодовые растения в условиях сухого климата. На этапе биологической рекультивации отходов предприятий горнорудной, черной и цветной металлургии на практике установлено, что целесообразно высаживать менее требовательные и относительно засухоустойчивые кустарники, такие как шиповник и ежевика.

После завершения работ по рекультивации, во избежание повторного загрязнения территории, следует приступить к мелиоративным мероприятиям, т. е. формированию коллекторно-дренажной сети с целью удаления с территории грунтовых и поверхностных вод. Затем для целевого использования площади здесь следует провести ряд агротехнических мероприятий. Эти площади используются для сельского хозяйства, лесоразведения, санитарно-гигиенических и др. можно присвоить по назначению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костяков, А. Н. Основы мелиорации / А. Н. Костяков. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 622 с.
2. Волобуев, В. Р. Почвы Азербайджанской ССР / В. Р. Волобуев. – Баку, 1966. – 259 с.
3. Садыгов, Ф. А. К вопросу охраны окружающей среды от загрязнения нефтью / Ф. А. Садыгов, Ч. Т. Бахшиева. – Баку, 2018. – 257 с.
4. Исмаилов, Н. М. Способ рекультивации нефтезагрязненных почв. АВТ. Свид. 1158258. СССР. Б.И. №1985. МКИВ. 09 ВЗ/00С121/72.
5. Асланов, Г. Экологические состояние нефтезагрязненных почв Абшерона / Г. Асланов. – Баку, 2005. – 155 с.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Н. Е. Степанова, доцент
ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ»,
г. Волгоград, Российская Федерация

Ключевые слова: сельское хозяйство, нефть, регион, площадь, рекультивация, охрана, почва, плодородие.

Аннотация: в статье приведены данные о состоянии нефтедобывающей отрасли на территории РФ; дан анализ площади земельных участков сельскохозяйственного назначения изымаемых для разработки углеводородов, которые подлежат впоследствии рекультивации.

Keywords: agriculture, oil, region, area, reclamation, protection, soil, fertility.

Summary: the article presents data on the state of the oil industry in the territory of the Russian Federation; the analysis of the area of agricultural land seized for the development of hydrocarbons, which are subsequently subject to reclamation.

В соответствии со ст. 77 ЗК РФ к землям сельскохозяйственного назначения относятся те, которые находятся за границами населенных пунктов и предназначены для занятия сельским хозяйством. К землям сельскохозяйственного назначения относятся как сами сельскохозяйственные угодья, так и земли, занятые коммуникациями (дороги, лесные насаждения, водные объекты, объекты капитального строительства и т. д.), которые могут использоваться для ведения производства в сельскохозяйственных целях. Владение, пользование, распоряжение земельными участками сельскохозяйственного назначения осуществляется при соблюдении правил и ограничений, применяемых к обороту земельных участков и долей в праве общей собственности на земельные участки из земель сельскохозяйственного назначения, в соответствии с ФЗ № 101 «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения» (24.07.2002 г.).

Одной из важнейших отраслей экономики как всей нашей страны, так и, Волгоградской области является нефтегазодобывающая отрасль. С одной стороны, это экономическое развитие региона, которое приносит немалую прибыль, только на нефтеперерабатывающих предпри-

ятиях Волгоградского региона производится свыше восьмидесяти наименований продуктов из углеводородного сырья такие как, дизельное топливо, высокооктановые бензины, авиационный керосин, компоненты масел, битума, сжиженные газы, изопарафиновая основа для выпуска синтетических масел, нефтяные коксы. Но, с другой стороны, это одна из самых опасных отраслей промышленного производства, для окружающей среды начиная от добычи углеводородов и, заканчивая переработкой. Зачастую земельные участки, которые согласно проектной документации после окончания работ по строительству скважин, должны быть восстановлены, просто несут глубокие необратимые изменения [1, 2].

Рассмотрим на примере одного из регионов РФ, какие площади выводятся из сельскохозяйственного оборота и требующие проведения работ по их восстановлению. В основном все объекты по добыче углеводородов расположены на земельных участках сельскохозяйственного назначения, выбор, согласование, изъятие и предоставление (отвод) земельных участков для нефтяных и газовых скважин производится в соответствии с положениями Земельного кодекса РФ, земельного законодательства субъектов РФ, муниципальных органов власти, местных администраций. В целом по России количество скважин, на которых происходит разработка или добыча углеводородов огромное, но если обобщить цифры нефтегазодобывающей отрасли, и рассмотреть на примере одного из регионов РФ в котором насчитывается примерно около 100 месторождений, а в соответствии с СН-459-74 «Нормы отвода земель для нефтяных и газовых скважин» размеры земельных участков варьируются от 0,1 га до 3,5 га на одну скважину то площадь, отводимая во временное краткосрочное пользование, на период бурения 1-й скважины в среднем составляет 2,1 га, и в пересчете на количество мест разработок – это немалые площади (более 100 га), изъятые из сельскохозяйственного оборота, и которые впоследствии требуют восстановления.

Все земли, отводимые под скважины для разработки углеводородов, подлежат рекультивации, и это прописано в проектной документации. При строительстве и эксплуатации скважин, в соответствии с основными положениями о проведении работ, верхний плодородный слой снимается и укладывается в отвал в целях последующего использования для рекультивации. Например, если при строительстве поисковых скважин, в среднем отводится площадь около 50 000 м²,

при глубине снятия плодородного слоя 0,40 м, то норма снятия плодородного слоя составит примерно 20000 м³ [3, 4].

При бурении скважин и добыче углеводородов значительные площади земель теряют свою первоначальную ценность. В масштабах страны площадь земель, загрязненных нефтепродуктами, составляет примерно 700 000 га, из которых только 10 % были рекультивированы. Объем мероприятий по проведению восстановительных работ на землях, загрязненных нефтепродуктами, зависит от уровня загрязнения (таблица), где-то достаточно глубокой вспашки с внесением минеральных удобрений, а сильное загрязнение требует огромных вложений в восстановление нарушенных территорий.

Уровни загрязнения почв нефтепродуктами

Уровень загрязнения	Содержание мг/кг
Фоновый	До 100–500
Низкий	500–1000
Умеренный	1000–5000
Средний	50000–10000
Высокий	10000–50000

Согласно ГОСТ 17.5.3.04-83 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель» рекультивация выполняется в два этапа: технический и биологический. Рекультивация производится с учетом местных почвенно-климатических условий и характеристики нарушенных земель [5, 6].

Попадание углеводородов как в водные экосистемы, так и в почву представляет большую опасность для существования всех видов живых организмов. При попадании нефти на почвенный покров делает ее в большинстве случаев непригодной для роста растений и обитания видов животных. В результате многочисленных исследований отмечено негативное воздействие нефтепродуктов на почву в уменьшении аэрации, ухудшении дренажных свойств, снижении продуктивности, плодородия и в результате непригодности для сельскохозяйственного использования. При изучении данных о развитии нефтяной отрасли в нашей стране, нельзя не обратить внимание на то, что получается огромная экономическая прибыль, но получается, что на восстановление земельных участков отводится на второй план. Решение вопроса возвращения земель в хозяйственный оборот после проведения работ по разработке, добыче углеводородов должно иметь равное положение с процессами эксплуатации недр.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брылев, В. А. Ландшафтные исследования нефтегазоносных территорий, как фактор устойчивого развития Нижнего Поволжья / В. А. Брылев, С. И. Пряхин // Вестник Воронеж. гос. ун-та: География. Геоэкология. – 2011. – № 1. – С. 34–36.
2. Природные условия и ресурсы Волгоградской области: учебник / В. А. Брылев, И. М. Шабунина, В. А. Харланов, А. Н. Сажин; под ред. проф. В. А. Брылева. – Волгоград: Перемена, 1995. – 264 с.
3. Степанова, Н. Е. Исследование почвенно-климатических условий светлоресничных почв Городищенского района Волгоградской области / Н. Е. Степанова // Проблемы и перспективы развития современной аграрной науки: материалы Междунар. науч.-практ. интернет-конф., 1 июля 2014 г. – Изд. Николаевская государственная сельскохозяйственная опытная станция ИОЗ Национальной академии аграрных наук Украины, 2014. – С. 57–58.
4. Степанова, Н. Е. Агрохимические показатели орошаемых почв Городищенского района Волгоградской области / Н. Е. Степанова, И. А. Сулицкая // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию юбилею академика Григорова М. С. и 50-летию эколого-мелиоративного факультета, 12–14 нояб. 2014 г., Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2015. – Т. 2. – С. 55–56.
5. Епифанова, И. А. Оптимизация затрат биологической стадии очистки нефтезагрязненных земель / И. А. Епифанова, М. Р. Цыбульников // Экономика минерального и углеводородного сырья. – Томск, 2015. – С. 647–648.
6. Шейнфельд, С. А. Сборник инновационных решений по сохранению биоразнообразия для нефтедобывающего комплекса / С. А. Шейнфельд, П. В. Касьянов. – Экологический вестник России, 2015. – № 7. – 274 с.

УДК 519.246

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ СРЕДСТВАМИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В. С. Федотова, доцент кафедры информатики
и информационных систем

Ленинградский государственный университет им. А. С. Пушкина,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Ключевые слова: мелиорация, электронные таблицы, математическое моделирование

Аннотация. В статье продемонстрированы этапы построения математической модели при решении задачи организации мелиоративных работ. На основе использования электронных таблиц проводится исследование зависимости коэффициента технической готовности экс-

каваторов от продолжительности их работы и обеспеченности экскаваторщиками.

Keywords: land reclamation, spreadsheets, mathematical modeling.

Summary: In the article the author demonstrates the stages of constructing a mathematical model in solving the problem of organizing land reclamation work. Based on the use of spreadsheets, a study is made of the dependence of the coefficient of technical readiness of excavators on the duration of their work and the availability of excavators.

Вопросы организации мелиоративных работ относятся к числу наиболее актуальных проблем, которые интересуют ученых в аспектах повышения плодородия земли, устойчивого ведения сельского хозяйства, рационализации землепользования [1; 2]. Для механизации данного вида работ используются мелиоративные машины, целевое применение которых ориентировано на строительство осушительных и оросительных каналов, уплотнение грунта на дне и откосах каналов и водоемов, строительстве дренажа, первичной обработке земли и других работ. Так, для очистки и восстановления мелиоративных каналов используются экскаваторы.

Следует отметить, что надежность парка мелиоративных машин напрямую влияет на плановые показатели по проведению мелиоративных мероприятий. В этой связи вопросам технического обслуживания и ремонта мелиоративных экскаваторов уделяется большое внимание к математическому моделированию можно обращаться по многим аспектам организации мелиоративных работ. Специалисты в области мелиорации должны уметь управлять системами (объектами-оригиналами). С этой целью разрабатывается математическая модель системы, ее аналог, который позволяет устанавливать взаимосвязи между элементами системы (изучать закономерность ее поведения), находить количественные характеристики взаимосвязи, выполнять процесс моделирования (предвидеть ход событий и конечные результаты), в том числе с использованием информационных технологий. Таким образом, математическое моделирование и вычислительный эксперимент позволяют количественно устанавливать наличие связей между параметрами, определять эффективность данного вида работ и прогнозировать результаты по теоретической модели. Математические модели отображают в абстрактной форме поведение, характеристики, взаимосвязи моделируемых объектов, явлений и процессов.

Разработаны требования к математическим моделям мелиорации, среди которых отмечаются максимально возможный учет фундаментальных свойств геосистем, долговременность, учет функционирования техногенных компонентов [3]. Построение математических моделей и использования информационных технологий в их реализации рассматривается как эффективный инструмент планирования и прогнозирования принятия решений по управлению мелиоративными объектами [4].

Цель данного исследования состоит в построении эконометрической модели, с помощью которой средствами корреляционно-регрессионного анализа проводится исследование зависимости коэффициента технической готовности экскаваторов от продолжительности их работы и обеспеченности экскаваторщиками. При этом сущность коэффициента технической готовности экскаватора определяется отношением разности календарного фонда времени и фактического времени ремонтных простоев к календарному фонду времени оцениваемого периода [5].

Достижение цели исследования предполагает последовательное решение следующих задач: формализация условия задачи, построение модели, реализация ее компьютерной модели, оценка качества построенной модели и статистической значимости входящих параметров, прогнозирование по модели.

По данным наблюдения за работой мелиоративных экскаваторов строится модель множественной (двухфакторной) регрессии. Факторными (экзогенными) переменными будут рассматриваться x_1 – среднее число лет работы экскаваторов (год) и x_2 – число экскаваторщиков в среднем на 1 экскаватор (человек). Тогда результативный признак y будет определять коэффициент технической готовности экскаваторов. Общая идея реализации модели основана на выборе уравнения математической зависимости (этап спецификации); оценке параметров полученной модели (этап параметризации); проверке качества найденных параметров в модели в целом (этап верификации); применение модели для анализа и планирования работ. Исходные данные задачи организуем в виде массивов в электронной таблице. Объем рассматриваемой выборки составляет 23 значения (таблица). Приведенные значения пятого столбца на рис. 1 представляют собой в последующем рассчитанные нами по теоретической модели значения результативного признака y для факторных переменных x_1 и x_2 .

Исходные данные для моделирования

№ п/п	Среднее число лет работы экскаваторов, x_1 (год)	Число экскаватор- щиков в среднем на 1 экскаватор, x_2 (человек)	Козф. техниче- ской готовности экскаваторов, y (наблюдаемый)	Козф. техниче- ской готовности экскаваторов, y_t (расчет по моде- ли)
1	6	0,8	0,50	0,50
2	5	1,1	0,60	0,68
3	4	1	0,70	0,70
4	3	1,3	0,90	0,88
5	4	1,4	0,85	0,86
6	5	0,9	0,55	0,60
7	7	0,8	0,45	0,44
8	6,5	0,9	0,50	0,51
9	3	1,1	0,80	0,79
10	4	1,2	0,75	0,78
11	6	1,1	0,60	0,63
12	4,3	0,9	0,55	0,64
13	3,5	1,2	0,80	0,81
14	4	1,3	0,85	0,82
15	6	1	0,60	0,58
16	3	1,1	0,80	0,79
17	3	1,3	0,95	0,88
18	4	0,9	0,65	0,65
19	3	4	2,00	2,02
20	7	1,1	0,60	0,57
21	5	1	0,70	0,64
22	8	1,1	0,50	0,51
23	6	1,2	0,75	0,67

Проведем проверку мультиколлинеарности факторов x_1 и x_2 , чтобы исключить наличие линейной зависимости между факторами и их некорректного влияния на результат. Используем при этом функцию КОРРЕЛ, которая возвращает коэффициент корреляции между двумя массивами данных, проведем оценку его статистической значимости путем сравнения наблюдаемого значения t -статистики и ее табличного значения. На этой основе через логическую функцию ЕСЛИ сделаем вывод о не мультиколлинеарности факторов (рис. 2). Оба фактора можно оставить и использовать при построении теоретической модели y_t .

проверка мультиколлинеарности факторов					
r_{12}	-0,36377	коэффициент корреляции между факторами			
$t_{\text{набл}}$	-1,78962	наблюдаемое значение t-статистики коэффициента корреляции			
$t_{\text{кр}}$	2,07961	критическое значение t-статистики коэффициента корреляции			
Вывод	факторы не мультиколлинеарны				

Рис. 1. Оценка мультиколлинеарности факторов

Далее с помощью статистической функции ЛИНЕЙН проведем анализ уравнения регрессии (рис. 2). Значения коэффициентов a , b_1 и b_2 позволяют выписать конкретный вид уравнения двухфакторной линейной регрессии, которая демонстрирует теоретическую модель: $y = 0,5 - 0,06x_1 + 0,42x_2$. Значение коэффициента детерминации $R^2 = 0,98$ свидетельствует о высоком проценте объясненной дисперсии.

анализ уравнения регрессии				
		b2	b1	a
коэффициенты модели		0,42	-0,06	0,50
стандартные ошибки коэффициентов		0,02	0,01	0,04
R^2	S	0,98	0,04	#Н/Д
F-статистика	k	559,69	20,00	#Н/Д
$S_{\text{факт}}$	$S_{\text{остат}}$	2,07	0,04	#Н/Д

Рис. 2. Анализ уравнения регрессии

Построенные графики наблюдаемого значения y и рассчитанного по модели значения y_t демонстрируют близость их значений (рис. 3).

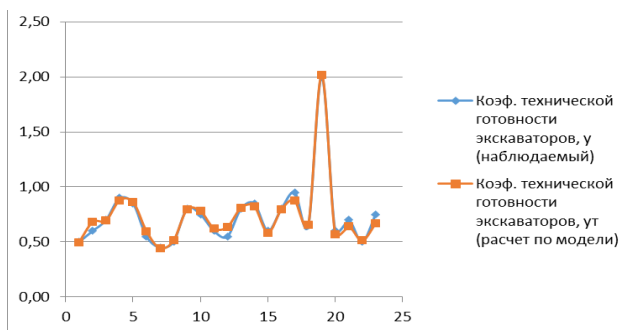


Рис. 3. Сравнение значений наблюдаемого и моделируемого значений y

Таким образом, согласованность наблюдаемых и рассчитанных по теоретической модели данных позволяет утверждать о возможности прогнозирования по построенной модели двухфакторной модели линейной регрессии и принятии взвешенных решений при организации мелиоративных работ. В рассматриваемом случае на основе эконометрических оценок подтверждается наличие зависимости коэффициента технической готовности экскаваторов от продолжительности их работы и обеспеченности экскаваторщиками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калиничева, Е. Ю. Мелиорация сельскохозяйственных земель в России: состояние и перспективы развития / Е. Ю. Калиничева, Н. В. Польшакова, А. С. Коломейченко // Вестник аграрной науки. – 2017. – № 3 (66). – С. 121–128.
2. Щедрин, В. Н. Подходы к формированию принципов создания современных мелиоративных систем и объектов / В. Н. Щедрин, В. И. Коржов, А. А. Белоусов // Мелиорация и гидротехника. – 2020. – № 3 (39). – С. 170–188.
3. Shadmanova G., Karimova K. (2019, November). Information systems in water management. In 2019 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT) (pp. 1-3). IEEE.
4. Голованов, А. И. Методология мелиорации / А. И. Голованов // Природообустройство. – 2009. – № 4. – С. 5–16.
5. Оценка показателей работоспособности карьерных экскаваторов в реальных условиях эксплуатации / Д. А. Шибанов, С. Л. Иванов, А. А. Емельянов, Е. В. Пумпур // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2020. – № 10. – С. 86–94. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-10-0-86-94.

УДК 53:37.091.212

МЕЖПРЕДМЕТНЫЕ СВЯЗИ ПРИ ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ЛИЧНОСТИ СТУДЕНТА

А. В. Цвыр, ст. преподаватель

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: физика, межпредметные связи, прикладные задачи технического содержания.

Аннотация. В статье рассматривается проблема реализации межпредметных связей при обучении физике студентов инженерных специальностей сельскохозяйственного вуза.

Key words: physics, intersubject communications, applied problems of technical content.

Summary: the article deals with the problem of implementing interdisciplinary connections in teaching physics to students of engineering specialties of an agricultural university

В условиях современной социально-экономической ситуации в стране требования к выпускнику высшей школы существенно изменяются. Актуальными для учебных заведений становятся проблемы, связанные с процессами профессионального развития и становления личности студента.

Постоянный рост научно-технической информации, внедрение новых технологий в производство приводят к появлению жесткой конкуренции на рынке труда, повышают уровень требований к сформированности профессиональных и иных компетенций молодого специалиста.

Как отмечают работодатели, наличие диплома о высшем образовании не всегда гарантирует выпускнику соответствующей специальности успешного трудоустройства. Для освоения рынка труда и закрепления в нем, молодой специалист должен быть мобильным, конкурентоспособным, инициативным, готовым к профессиональной деятельности. Таким образом, основная задача образования заключается в подготовке не просто грамотно и теоретически подготовленного выпускника, но и личности, саморазвивающейся и стремящейся к профессиональному росту.

По мнению психологов, период обучения в вузе, считается самым важным в профессиональном становлении личности человека. Именно в процессе обучения происходит целенаправленное освоение системы знаний, практических навыков и умений в избранной профессиональной деятельности [1]. Формируются целостные представления о данной профессиональной общности. Развиваются и наполняются предметным содержанием мотивы и цели будущей деятельности [2].

Как правило, фундаментальные знания по ряду проблем, связанных с будущей профессией, приобретаются при изучении цикла специальных дисциплин. Изучение студентами общеобразовательных дисциплин не в достаточной степени влияет на развитие профессиональной направленности личности. При этом, основы теоретических знаний, у студентов технических специальностей, закладываются в курсах физики, математики и других дисциплинах естественно-научного цикла. Повысить роль физики в формировании профессиональной направ-

ленности личности можно путем методических подходов и методик, основанных на реализации межпредметных связей дисциплин естественно-научного цикла и специальных дисциплин.

Применение межпредметных связей позволяет преподавателю более качественно и эффективно объединить в единое целое цели и задачи обучения, методы и формы организации обучения, результаты обучения.

Межпредметные связи способствуют более качественному усвоению системы знаний студентами, формированию у них теоретических и практических умений и навыков; способствуют повышению активности мышления, практической реализации принципа связи теоретических знаний с практической деятельностью обучающихся [3].

Важность межпредметных связей возрастает в связи с сокращением количества аудиторных часов по дисциплине «Физика», и повышением доли самостоятельной работы студентов.

В рамках данной статьи ограничимся рассмотрением проблемы реализации межпредметных связей при обучении физике студентов инженерных специальностей сельскохозяйственного вуза.

Знания, полученные студентами при изучении дисциплины «Физика», являются фундаментальными для профессиональной деятельности инженеров, формируют их научную картину мира и компетенцию. Содержание курса «Физика» должно отражать не только современные, но и перспективные требования к будущим специалистам. Учебный материал должен логически увязываться с материалом дисциплин профессионального цикла: «Электротехника и электроника», «Теоретическая механика», «Теплотехника» и других профильных дисциплин.

При всем многообразии видов межнаучного взаимодействия в педагогической литературе выделяют следующие три направления: 1) комплексное изучение разными науками одного и того же объекта; 2) использование методов одной науки для изучения разных объектов в других науках; 3) привлечение различными науками одних и тех же теорий и законов для изучения разных объектов.

При обучении физике межпредметные связи реализуются через все три направления, однако в большей степени – третьим направлением.

При традиционном подходе к организации изучения дисциплины, обычно в лекционном курсе, достаточно бегло перечисляются технические приложения того или иного физического явления, чего явно недостаточно для полноценной реализации межпредметных связей. Для решения проблемы необходимо выстроить дидактическую систему,

направленную на повышение профессиональной направленности курса физики.

Опираясь на методику определения значимости учебных дисциплин, различают внешнюю значимость учебных курсов и внутреннюю. Внешняя значимость определяется методом экспертного опроса специалистов, в качестве которых выступают преподаватели, читающие курс профилирующих предметов, и преподаватели курса физики. Внутренняя значимость выражается в значении данного учебного материала дисциплины для изучения других учебных курсов. На основании анкетирования специалистов определяют наиболее значимые для данного профиля разделы и темы физики, и структуру данных разделов. Наименее значимые темы и физические понятия выделяются на самостоятельное изучение студентами, с последующим контролем их проработки различными методами [4].

Решение прикладных задач технического содержания, соответствующего профилю студентов, является одним из путей осуществления межпредметных связей по выбранным темам и разделам физики. Содержание данных задач должно описывать реальные процессы и явления, изучаемые в профильных дисциплинах, обеспечивать показ практической ценности полученных физических знаний.

Значения исходных данных в задачах должны соответствовать техническим параметрам и характеристикам реальных объектов. Условие задачи должно быть сформулировано ясно и доступно для понимания студентами.

Для реализации межпредметных связей важно, чтобы прикладные задачи технического содержания составляли единую систему, которая отражает цели обучения, этапность в усвоении физических понятий.

Применение данной системы задач в учебном процессе способствует повышению познавательного интереса у студентов к изучению физики; формированию профессионально значимых умений и навыков; развитию профессиональной направленности личности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полещук, Ю. А. Профессиональная направленность личности: теория и практика: пособие / Ю. А. Полещук. – Минск: БГПУ, 2006. – 92 с.
2. Бодров, В. А. Психология профессиональной пригодности: учеб. пособие для вузов / В. А. Бодров. – М., 2001. – 511 с.
3. Евграфова, И. В. Межпредметные связи курсов общей физики и высшей математики в технических вузах: автореф. дис. ... канд. пед. наук / И. В. Евграфова. – СПб., 2010. – 24 с.
4. Емчик, Л. Ф. Прогностическое обоснование содержания обучения физики для медицинских вузов: автореф. дис. ... канд. пед. наук / Л. Ф. Емчик. – Киев, 1986. – 24 с.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ТЕМЫ
«ДИНАМИКА ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ»
СТУДЕНТАМ ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

А. В. Цвыр, ст. преподаватель

Л. Е. Кириленко, канд. с.-х. наук, доцент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: динамика вращательного движения, момент силы, момент импульса, момент инерции.

Аннотация. В статье приводятся некоторые методические рекомендации по преподаванию динамики вращательного движения. Проводятся аналогии между законами динамики вращательного и поступательного движения.

Key words: dynamics of rotational motion, moment of force, moment of momentum, moment of inertia.

Summary: the article provides some methodological recommendations for teaching the dynamics of rotational motion. Analogies are drawn between the laws of the dynamics of rotational and translational motion.

Физика всегда была и остается базовой дисциплиной естественно-научного цикла. Согласно учебным планам инженерных специальностей, курс физики изучается только на первом курсе обучения в первом семестре (для специальности «Землеустройство и кадастры»), и первом и втором семестрах для остальных инженерных специальностей. Так как изучение дисциплины начинается параллельно с изучением студентами «Высшей математики», и часть терминов и математических понятий студентам не известно, изложение материала может вестись с минимально необходимым количеством математических выкладок для раскрытия темы, делая основной упор на физическую сущность рассматриваемых явлений. При этом целесообразна «привязка» курса физики к интересам будущей специальности студентов путём рассмотрения примеров, демонстрирующих возможности использования и применения законов и явлений физики в сельскохозяйственном производстве, инженерных приложениях. «Динамика вращательного движения» является одной из тем, материал которой будут применять-

ся при изучении ряда специальных дисциплин. Данная тема включена в раздел «Механика».

Анализ учебных программ и учебников школьного курса физики показывает, что данная тема в школе не изучалась. Присутствуют лишь отдельные ее элементы, которые изучались в девятом классе. В школьном курсе вводилось понятие «плечо силы» l , которое определяют как расстояние от оси вращения до линии действия силы. Момент силы M (вращающий момент), в девятом классе, вводят как произведение модуля силы на ее плечо.

$$M = F \cdot l.$$

Дается единица момента силы в СИ – ньютон-метр ($\text{Н} \cdot \text{м}$). Один ньютон-метр равен вращающему моменту, создаваемому силой 1 ньютон, имеющей плечо 1 метр.

Так же в школьном курсе физики вводится два условия равновесия тел. Первое условие: для равновесия тела необходимо, чтобы векторная сумма всех сил, приложенных к нему, была равна нулю:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n.$$

Второе условие: для равновесия необходимо равенство нулю алгебраической суммы моментов всех сил, действующих на тело:

$$M = M_1 + M_2 + \dots + M_n,$$

причем, момент силы берут положительным, если он вращает тело против часовой стрелки, и отрицательным – в обратном случае. Все остальные физические величины и законы данной темы являются для студентов новыми.

Согласно учебной программе по дисциплине физика, на изучение данной темы отводится незначительное число лекционных и практических занятий несмотря на то, что именно здесь рассматриваются такие сложные для понимания студентами физические величины как момент инерции, момент импульса и момент силы. Для произведения операций над эти величинами необходимо хорошо владеть векторным и тензорным анализом, что ещё больше усугубляет ситуацию.

Что бы облегчить понимание студентами этих сложных понятий, необходимо использовать более простые и наглядные методы определения величин, связанных с динамикой вращательного движения. Нужно проводить аналогию между понятиями и законами поступа-

тельного и вращательного движения. Тем более, что динамика поступательного движения студентами уже изучена и воспринимается значительно легче. Желательно законы вращательного движения записывать в проекции на одну из осей, рассматривая при этом движение относительно оси вращения, а не относительно точки.

Важно дополнить понятие «момента силы» из школьного курса тем, что данная величина является векторной и определяется векторным произведением радиуса – вектора $\vec{r}$ на силу $\vec{F}$:

$$\vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}].$$

Направление вектора момента силы удобно определять, пользуясь правилом буравчика (правилом правого винта). Желательно на лекции привести наглядный пример. В качестве примера можно использовать дверь в аудиторию, открытие и закрытие которой является вращательным движением. При движении двери под действием силы приложенной перпендикулярно её плоскости к ручке, момент силы будет направлен вдоль оси вращения, которая проходит через петли двери. В случае, если дверь относительно наблюдателя движется против часовой стрелки, при действии силы в направлении движения, момент силы будет направлен вверх по оси вращения (рис. 1).

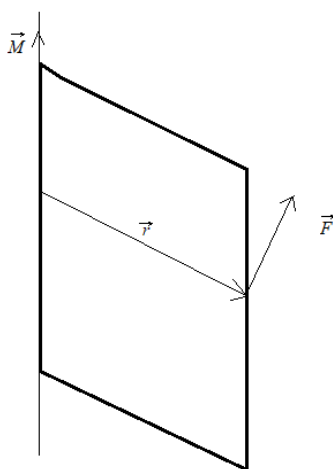


Рис. 1. Направление импульса

Понятие момента импульса материальной точки $\vec{L}$ вводится аналогично моменту силы: момент импульса равен векторному произведению радиуса – вектора на импульс материальной точки:

$$\vec{L} = [\vec{r}, \vec{p}] = [\vec{r}, m\vec{v}].$$

Вектор момента импульса направлен так же вдоль оси вращения.

Объясняя одну из формулировок закона сохранения момента импульса – если система замкнута, то произведение момента инерции на угловую скорость остается постоянным ($I\omega = \text{const}$) – в качестве примера можно привести такой способ изменения скорости вращения воздушных гимнастов, как изменение их момента инерции при перегруппировке тела. Данный пример является наглядным, и каждый из студентов с ним знаком.

При рассмотрении основного закона динамики вращательного движения, $\vec{M} = I\vec{\varepsilon}$, полезно провести его аналогию со вторым законом Ньютона $\vec{F} = m\vec{a}$, т. е. $\vec{M}$ – момент силы, характеризующий степень воздействия на вращающееся тело, а $\vec{F}$ – сила, характеризующая степень воздействия на тело движущееся поступательно; I – момент инерции, величина характеризующая инертные свойства вращающегося тела, а m – масса, характеризующая инертные свойства тела движущегося поступательно; $\vec{\varepsilon}$ и $\vec{a}$ – ускорения вращательного и поступательного движения.

В заключение хотелось бы отметить, что, уделяя должное внимание в изложении темы проявлению изучаемых законов и явлений в окружающем мире, позволяет облегчить студентам освоение материала и повышает интерес к дальнейшему изучению физики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимова, Т. И. Курс физики / Т. И. Трофимова. – М.: Издат. центр «Академия», 2015. – 560 с.
2. Грабовский, Р. И. Курс физики: учеб. пособие для высших учебных заведений / Р. И. Грабовский. – 6-е изд. – СПб.: Лань, 2012.

РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМНО-ДЕЯТЕЛЬНОСТНОГО ПОДХОДА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКИ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

Т. М. Чубукова, ст. преподаватель кафедры высшей математики
и физики

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: системно-деятельностный подход, проблемное обучение, познавательная деятельность, принцип активности.

Аннотация. В высших учебных заведениях широко применяются интерактивные методики, а также современные средства получения информации: компьютеры, интернет, лабораторные установки и многое другое. В таких условиях важно активно применять на практике новые подходы к обучению. Один из самых эффективных и давно зарекомендовавших себя – системно-деятельностный подход в образовании.

Keywords: system-activity approach, problem-based learning, cognitive activity, activity principle.

Summary: In higher education institutions, interactive methods are widely used, as well as modern means of obtaining information: computers, the Internet, laboratory facilities, and much more. In such conditions, it is important to actively apply new approaches to learning in practice. One of the most effective and long-established is the system-activity approach in education.

В 1913 году немецкий педагог Адольф Дистервег писал: «Сведений науки не следует сообщать учащемуся, но его надо привести к тому, чтобы он сам их находил, самостоятельно ими овладевал. Такой метод обучения наилучший, самый трудный, самый редкий. Трудностью объясняется редкость его применения. Изложение, считывание, диктовка против него детская забава. Зато такие приемы никуда и не годятся...» В настоящее время это высказывание, несмотря на давность, приобрело актуальное значение. Физика – это экспериментальная наука, которая основана на формировании умения действовать со знанием дела. Лучше всего отражает суть системно-деятельностного подхода китайская народная мудрость: Я слышу – я забываю, я вижу – я запоминаю, я делаю – я усваиваю.

В преподавании физики наиболее актуальным, на мой взгляд, является системно-деятельностный подход, который в последнее время занимает лидирующие позиции в образовательной среде. Этот подход основан на осуществлении образования через активизацию деятельности студентов. В настоящее время вопрос активизации обучения относится к числу наиболее актуальных проблем современной педагогики. Принцип активности в обучении тоже имеет своё значение, потому что обучение и развитие носят деятельностный характер. Каким будет качество образования как деятельности, зависит от результата обучения и развития студентов.

При выборе каких-либо методов обучения, технологий необходимо в первую очередь стремиться к продуктивному результату. От студентов требуется не только запомнить, понять и воспроизвести материал, а и уметь применять его в практической деятельности. Если необходимо не только понять и запомнить, но и овладеть практическим применением знаний, то, естественно, учебная деятельность студента не может свестись только к слушанию и воспроизведению учебного материала. Только что полученные знания он должен применить их на практике, соотнести их с ранее полученными знаниями. Чем активнее будет протекать этот процесс, тем продуктивнее будет конечный результат.

Реализацию системно-деятельностного подхода в преподавании физики осуществляю через решение следующих основных задач:

- построение структуры деятельности с позиции системно-деятельностного подхода;

- разработка и отбор средств, методов, приемов, использование технологий, обеспечивающих системно – деятельностный подход в обучении;

- создание простой и объективной системы мониторинга, рефлексия учебно-познавательной деятельности в процессе изучения физики.

Можно с уверенностью сказать, что технологии, стимулирующие самостоятельное обучение, прежде всего, направлены на повышение активности студентов, ведь знания, добытые путём собственного напряжения усилий, имеют большую познавательную ценность. Можно сделать вывод, что успех обучения определяется по тому, как студенты относятся к учению, как стремятся к познанию, к самостоятельному приобретению знаний, их активностью. На мой взгляд, активизации учебно-познавательной деятельности студентов способствует реализация положения проблемности в процессе образования. Говоря

другими словами, это применение технологии проблемного обучения – одной из технологий активного обучения.

Ни для кого не секрет, что основой данного метода является создание на занятии проблемной ситуации. Не все студенты обладают знаниями или способами деятельности для объяснения фактов и явлений, умеют выдвигать свои гипотезы решения данной проблемной ситуации. Данный метод способствует формированию у студентов приёмов умственной деятельности, анализа, синтеза, сравнения, обобщения, установления причинно-следственных связей. Проблемный подход включает в себя логические операции, необходимые для выбора целесообразного решения. Причём применять его можно практически на любом этапе занятия. Уже на мотивационном этапе у преподавателя возникает возможность, учитывая имеющийся опыт студентов, через создание проблемной ситуации организовать активизацию познавательной деятельности. При этом преподаватель может выделить существенные связи, которые подлежат усвоению, показать студентам, как решить проблему или ответить на вопрос, т. е. даёт план работы. В дальнейшем предусматривается самостоятельная деятельность самих студентов. Следовательно, активизация познавательной деятельности на этом этапе предусматривает вооружение студентов необходимыми инструментами поиска знаний, что позволяет достигнуть самого высшего творческого уровня деятельности, основой которого выступает творческое мышление. Во время проведения лабораторных работ студенты работают в парах. Таким образом осуществляется отработка умений проводить физический опыт, наблюдение, осуществлять анализ и на основании проделанной работы делать вывод. Деятельность в парах позволяет развивать коммуникативные качества студентов.

Системно-деятельностный подход в изучении физики осуществляется путём проблемного обучения, основой которого является активизация познавательной деятельности студентов. На основе создаваемых в ходе занятий проблемных ситуаций активизируется познавательная деятельность студентов, состоящая в поиске и решении сложных вопросов, требующих актуализации знаний, анализа, умения видеть за отдельными фактами определённое явление. К тому же проблемные задания заставляют студентов постоянно обращаться к дополнительной литературе, другим источникам знаний. Работая по данной технологии, у меня есть возможность воспитывать в ребятах такие качества как самостоятельность, толерантность, уважение друг к другу, открытость, искренность,

ответственность, вежливость, культуру чувств и эмоций. Следовательно, у студентов формируются ещё и ключевые компетенции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асмолов, А. Г. Системно-деятельностный подход к разработке стандартов нового поколения / А. Г. Асмолов // Педагогика. – 2009. – № 4. – С. 18–22.
2. Махмутов, М. И. Проблемное обучение. Основные вопросы теории / М. И. Махмутов. – М.: Педагогика, 1975. – 368 с.
3. Кудрявцев, В. Т. Проблемное обучение: истоки, сущность, перспективы / В. Т. Кудрявцев. – Москва: Знание, 1991. – 80 с.

УДК 504.455:004.9:528.88

ОЦЕНКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ВОСТОЧНОГО СКЛОНА ЕРГЕНИНСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ДАННЫХ ДЗЗ

Р. М. Шабанов, канд. с.-х. наук

Э. Б. Дедова, д-р с.-х. наук, профессор РАН

А. А. Дедов, канд. с.-х. наук

В. В. Очиров, канд. хим. наук

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова»,
г. Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: Ергенинская возвышенность, геоинформационная система, QGIS, SAGA GIS, батиметрия, ДЗЗ, площадь зеркала водной поверхности, мониторинг, минерализация воды.

Аннотация. Представлены результаты многолетнего комплексного мониторинга 6 водных объектов, расположенных в пределах Ергенинской возвышенности с использованием ГИС и ДДЗЗ.

Keywords: geoinformation system, QGIS, SAGA GIS, bathymetry, RSD, water surface mirror area, monitoring, water mineralization.

Summary: the results of long-term integrated monitoring of 6 water bodies located within the Ergeninsky upland using GIS and DDZ are presented.

Республика Калмыкия – это один из наиболее засушливых регионов Российской Федерации, а также территория с наименьшим коли-

чеством доступных водных ресурсов. Недостаточное развитие гидрографической сети в этом регионе приводит к острой нехватке воды. До 90 % от общего объема пресной воды, необходимой для различных потребностей, поступает из соседних территорий, в частности из бассейнов рек Волга, Кубань, Терек и Кума.

Основная часть местного поверхностного стока воды в республике формируется на восточном склоне Ергенинской возвышенности. Для удовлетворения потребностей в воде на нужды сельского хозяйства в многочисленных балках возвышенности обустроены аккумулирующие водные потоки пруды и водохранилища [1–3]. Исследования проводились на 6 наиболее крупных и значимых водохранилищах восточного склона Ергенинской возвышенности: Ялмата, Аршань-Зельмень, Каменная балка, Нугра, Амта-Бургуста, Суварган.

Для успешного развития сельского хозяйства необходимы качественные источники воды, исходя из этого мониторинг поверхностных водных ресурсов является наиболее важным и актуальным, так как позволяет оценить существующую ситуацию и спрогнозировать ее в будущем.

Научными сотрудниками ВНИИГиМ при помощи данных дистанционного зондирования Земли проанализирована площадь исследуемых акваторий водохранилищ по сезонам с 2002 по 2022 гг. В качестве источников данных использовались космические снимки из открытых архивов продуктов второго уровня Геологической службы США серии Landsat и Европейского космического агентства спутники Sentinel 2. Обработка и анализ данных космических изображений производилась посредством ГИС систем QGIS и SAGA GIS. В частности, для дешифровки в QGIS посредством установленного плагина Semi-Automatic Classification Plugin была выполнена контролируемая классификация разновременных мультиспектральных изображений с выделением водохранилищ, с применением методов [4–6]. В дальнейшем полученный растр векторизовался и рассчитывалась площадь зеркала водного объекта.

Для оценки объемов запасов водных ресурсов водохранилищ сотрудниками ВНИИГиМ были проведены гидрографические исследования, включавшие в себя определение точек глубин посредством прохождения поперечными галсами на лодке по акватории водоемов. Для замера глубин использовался эхолот, посредством которого велось построение треков движения с точками замеров и фиксацией местоположения с помощью технологии GPS.

На основе полученных данных в геоинформационных системах QGIS и SAGA GIS путем интерполяции загруженных точечных слоев и построения изолиний и полигонов были составлены цифровые карты глубин водохранилищ (рис. 1) с данными площади полигонов изобат и значениями глубины. Также средствами геоинформационных систем на основе полученных данных рассчитан объем воды на момент исследования май-июнь 2021 г.

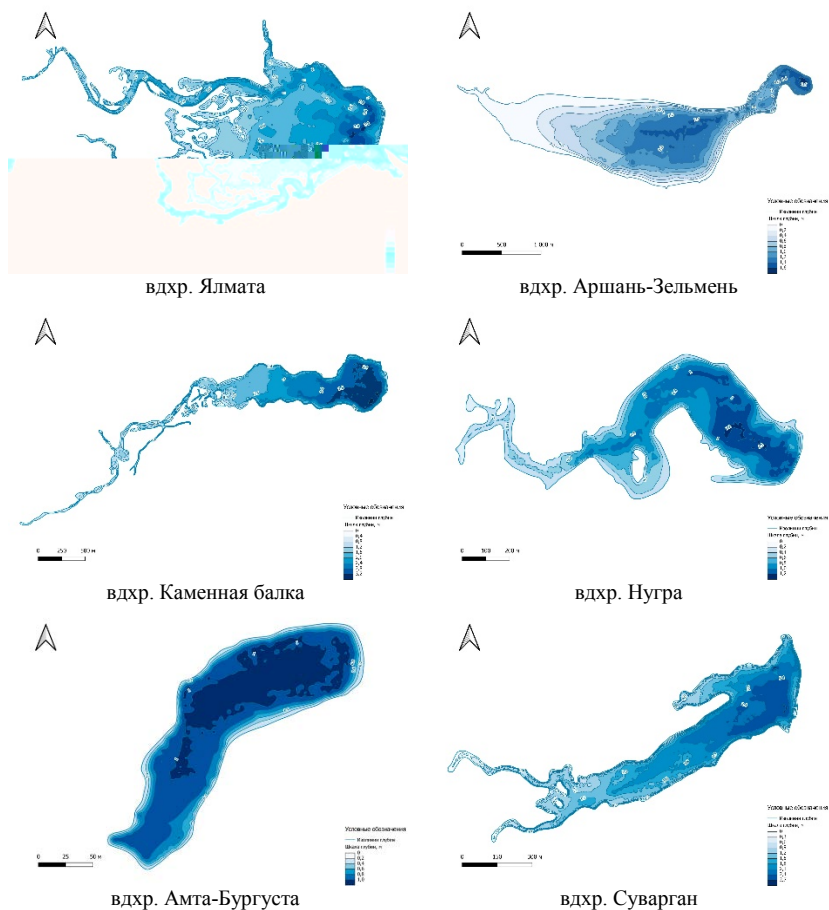


Рис. 1. Батиметрия исследуемых водных объектов

Водохранилище Суварган имеет размеры в длину 1,5 км, в ширину 430 м. За период мониторинга площадь зеркала в среднем составила 250 тыс. м², достигая максимум 344 тыс. м² весной 2007 года. Минимальное значение отмечено осенью 2010 г 25.09.2010 г. и составила 200 тыс. м² (табл. 1). Минерализация при этом варьировала в пределах 5–7 г/л. Вода малоприспособна для использования на полив без мероприятий по улучшению ее качества.

Водохранилище Амта-Бургуста вместимостью до 15 млн. м³. Площадь водохранилища варьировала по годам исследования от 14 тыс. м² осенью 2022 г 29.09.2022 г. до 71 тыс. м² летом 2010 г 30.07.2010 г. В среднем площадь составила 38 тыс. м². За период мониторинга качество воды находилось на хорошем уровне. Минерализация воды колебалась от 1 до 1,9 г/л. В последние годы наблюдается тенденция к зарастанию площади водными растениями. Вода пригодна для водопоя скота, орошения и на технологические нужды.

В зависимости от водности года водохранилище Нугра вмещает от 5,0 до 21,5 млн. м³. При этом его длина 2,5 км, ширина 500 м, наибольшая глубина 5 метров. Данному водоему присущи резкие колебания объема и минерализации воды. Весной она составляет 1,5 г/л, а к осени повышается до 5 и более г/л. Динамика площадей по годам исследования составила в среднем 680 тыс. м², варьируя от 0,3 до 1,7 (25.04.2010 г.) км². Осенью 2022 г. данный водоем полностью высох.

Водохранилище Аршань-Зельмень является одним из старейших водоемов региона, построенных в 30-х годах прошлого века. Первоначальные размеры и качественные показатели водоема составляли: площадь зеркала воды – 10,8 км², объем – 20,4 млн. м³, минерализация воды – 1,3 г/л. Площадь зеркала по годам исследования варьировала от 8 до 2,7 км². В среднем составляя 6 км² с минерализацией 5–9 г/л. В последние годы объем воды в водохранилище стал уменьшаться. Осенью 2020 г. из-за обмеления и повышенной минерализации произошел массовый мор рыбы. В современный период водохранилище практически пересохло достигло своего минимума 86 тыс. м². Минерализация при этом составила 64 г/л.

Минерализация воды в водохранилище Ялмата имеет большие колебания от 0,5 до 6,5 г/л, что напрямую связано с объемом поступающего стока. Площадь зеркала при этом варьировала по годам 0,6 (18.09.2002) до 1,8 (24.04.2018 г) км². Современные направления использования - водопой скота и любительское рыболовство.

Площадь акватории водохранилища Каменная балка за последнее время варьировала в пределах 0,86 км² достигая своего максимума 2,96 весной 2010 км² г. Минимальное значение отмечалось осенью 2022 г. В период проведения мероприятий по улучшению качеств воды. Минерализация за последние 3 года имеет тенденцию к возрастанию варьируя в пределах 10,0...14,5 г/л.

Объем и качество поверхностного стока на территории Калмыкии в огромной степени зависят от климатических характеристик года. Проанализировав данные по метеорологическим станциям, находящимся на восточном склоне Ергеней можно отметить, что за последние полвека выражена тенденция повышения температуры, при этом тренд уровня суммы осадков после симметричного роста вслед за температурой в последние годы сменился на уменьшение выпадаемых осадков что негативно сказалось на размерах акваторий и минерализации водохранилищ.

Проведенный мониторинг выявил сезонное колебание площади и минерализации водохранилищ, а также пересыхание водохранилищ Аршань-Зельмень и Нугра. Составленные по результатам исследований карты глубин могут применяться для дистанционного мониторинга объема водохранилища путем применения данных дистанционного зондирования земли. Исследуемые водоемы нуждаются в очистке русел и родников для беспрепятственного пополнения водными ресурсами водохранилищ, а использование вод требует проведение мероприятий по улучшению качественных показателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экосистемный мониторинг водных ресурсов и мелиоративных объектов / В. В. Бородычев, Э. Б. Дедова, М. А. Сазанов, А. А. Дедов // Российская сельскохозяйственная наука. – 2017. – № 3. – С. 56–61.
2. Комплексный мониторинг состояния водоемов восточного склона Ергенинской возвышенности / Э. Б. Дедова [и др.] // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 5. – С. 10–16.
3. Шабанов, Р.М. Мониторинг водохранилища Нугра по данным дистанционного зондирования Земли / Р. М. Шабанов, Э. Б. Дедова // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. – Соленое Займище, 2020. – С. 483–486.
4. Быстров, А. Ю. Современные системы геоинформационного мониторинга водохранных зон рек и водохранилищ / А. Ю. Быстров, А. А. Майоров // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2017. – № 2. – С. 80–86.
5. Фатхутдинова, Р. Ш. Применение ГИС-технологий при решении гидрометеорологических задач: учеб.-метод. пособие / Р. Ш. Фатхутдинова, К. Д. Силантьев. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2020. – 112 с.

Б. Яковенко, Н. В. ГИС-технологии как эффективный инструмент исследования водно-озерных объектов / Н. В. Яковенко, Д. С. Марков, Е. П. Туркина // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – 617 с.

УДК 631.6:574

ОБ УЧЕТЕ ДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ КОМПОНЕНТОВ ЛАНДШАФТОВ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНОЙ НАГРУЗКИ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

В. М. Яшин, канд. техн. наук, доцент
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова»,
г. Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: экологические демпферы, зона аэрации, леса, лесонасаждения, болота, поймы, ассимиляционная емкость

Аннотация. В докладе рассматриваются демпфирующие свойства компонентов агроландшафтов на основе предложения автора по выделению природных объектов – экологических демпферов, среди которых выделены зона аэрации, лесные массивы и лесонасаждения, болотные массивы и речные поймы. Показаны особенности их функционирования, учет которых при обосновании мелиоративных объектов, позволит снизить мелиоративную нагрузку на природную среду.

Key words: ecological dampers, aeration zone, forests, plantations, swamps, floodplains, assimilation capacity

Summary. The report discusses the damping properties of the components of agrolandscapes based on the author's proposal to identify natural objects – ecological dampers, among which the aeration zone, forests and forest plantations, swamps and river floodplains are identified. The features of their functioning are shown, the consideration of which in the justification of reclamation facilities will make it possible to reduce the reclamation load on the natural environment.

В докладе рассматриваются предложения автора об использовании демпфирующих свойств компонентов мелиорируемых агроландшафтов для обоснования снижения мелиоративной нагрузки на природную среду. Автором на основе анализа закономерностей формирования почвенных, гидрологических, гидрохимических и гидрогеологических

процессов и потоков при естественном функционировании и под влиянием мелиоративной и другой антропогенной деятельности, предложено выделять природные объекты, выполняющие функции экологических демпферов. *Экологические демпферы* это природные или антропогенно-природные образования, имеющие дополнительное сопротивление потоку и высокое значение ассимиляционной емкости, позволяющие сглаживать (гасить) результаты интенсивных изменений процессов переноса водных масс, происходящих на верхней или первой границе [1]. Границы могут быть жесткими (на суше) или подвижными (в водной среде). Именно экологические демпферы снижают для человека уровни опасностей от проявления экстремальных природных явлений и процессов, постепенно снижая (поглощая) их отрицательные воздействия.

Экологические демпферы по распространенности можно выделить на всех уровнях геоструктурных элементов географической оболочки Земли от глобального до сублокального. На глобальном уровне рассматриваются:

- в пределах суши – зону аэрации оболочки Земли, лесные массивы планеты и обширные водно-болотные комплексы;

- в пределах водной оболочки – коралловые рифы и эстуарии.

Для суши на бассейновом уровне выделяются: зона аэрации; зона лесных массивов; водно-болотные массивы; поймы крупных рек.

На региональном и субрегиональном уровнях экологическими демпферами являются зона аэрации, отдельные лесные массивы и искусственные лесонасаждения, речные поймы средних и малых рек, отдельные болота, старицы рек и др.

На локальном и сублокальном уровнях можно выделить зону аэрации и замкнутые понижения мезорельефа. На этих уровнях, как правило, рассматриваются одномерные потоки влаги, связывающие поверхность земли и грунтовые воды. Здесь происходит переформирование почвенно-мелиоративных процессов на мелиорируемых землях под воздействием подачи воды на орошение или понижения уровня грунтовых вод дренажом.

Характерным свойством зоны распространения экологических демпферов является повышенное, относительно сопредельных территорий, значение ассимиляционной емкости среды и, как правило, интенсивное развитие биопродукционных процессов за счет создания благоприятных условий (затишье динамических процессов массопереноса, переноса питательных элементов, благоприятное сочетание окислительно-восстановительных процессов и др.).

Эти положения подтверждаются данными по биопродуктивности различных экосистем на суше и в мировом океане. Максимальная биопродуктивность экосистем на суше (9000 ккал/м^2) характерна для тропических экваториальных лесов и эстуариев, смешанные леса производят 6000 ккал/м^2 , сельскохозяйственные угодья – более 3000 ккал/м^2 , а лесостепи и степи – $2,7 \text{ ккал/м}^2$. В мировом океане 67 % биопродуктивности поставляют эстуарии, коралловые рифы и водоросли [2].

Для обоснования снижения мелиоративной нагрузки на экологические условия мелиорируемых земель на различных иерархических уровнях рассмотрения объектов можно рассматривать демпфирующие и ассимиляционные свойства зоны аэрации, лесных массивов и лесонасаждений, болот и замкнутых понижений рельефа, речных пойм малых и средних рек, стариц и др.

Зона аэрации является важнейшим для существования человечества и наиболее интенсивно вовлекаемых в сферу антропогенных воздействий, в том числе мелиорации и сельскохозяйственного производства, компонентом ландшафтов. Она рассматривается в качестве самостоятельного природного объекта, имеющего четкие границы: дневная поверхность – уровень грунтовых вод. В верхней части зоны аэрации функционирует почва. На мелиорируемых землях мощность зоны аэрации изменяется в широких пределах: уменьшаясь от десятков метров в южных районах страны в зоне возвышенностей (Сыртовое Заволжье) и предгорной зоны Кавказа (зона недостаточного увлажнения) до метра и менее в зоне избыточного увлажнения (северные регионы страны). Для зоны аэрации характерно наличие трехфазной системы – жидкой (вода, почвенные растворы), твердой (почвенная матрица, горная порода) и газообразная (поровый воздух). В зимние периоды в верхней части происходит промерзание.

Демпфирующие свойства зоны аэрации характеризуются скачкообразным снижением скоростей потоков влаги в приповерхностном слое почвы за счет фильтрационного сопротивления среды и физико-химического взаимодействия фильтрующейся жидкости с твердой фазой, что приводит к рассеиванию потока и потере энергии. В зоне аэрации аккумулируется часть оросительной воды и атмосферных осадков, которая просочилась ниже активного корнеобитаемого слоя. Задача природоохранного режима орошения сводится к минимизации этой величины.

Мощность зоны аэрации, состав слагающих почв и пород, а также степень естественной дренированности территории [3, 4] определяют

ассимиляционную емкость гидрогеологической системы, т. е. способность воспринимать без существенных отрицательных изменений экологических условий, дополнительную, формируемую на оросительной системе, ирригационную водную нагрузку. При условии превышения величины ирригационного питания грунтовых вод на орошаемых землях возможности ассимиляционной емкости, происходит подъем грунтовых вод на орошаемых землях, что зачастую приводит к неблагоприятным экологическим последствиям.

Благоприятными условиями для размещения орошаемых земель являются интенсивно дренируемые территории с подземным оттоком более 500 мм/год и дренированные с оттоком 300–500 мм/год. В зависимости от оттока подземных вод можно определить допустимую величину ирригационного питания, формирующегося на мелиоративной системе (таблица).

Допустимая величина ирригационного питания

Зона	Подземный отток, мм/год	Ирригационное питание, мм/год	Рекомендации по типу мелиоративных систем
Интенсивно дренированная	>500 в галечниках	150–200	Мелиоративные системы с дождеванием и открытой оросительной сетью
Дренированная	300–500	100–150	Мелиоративные системы с дождеванием и закрытой оросительной сетью
Слабо дренированная	150–300	50–100	Системы малообъ

ритории водными ресурсами, что позволяет снижать мелиоративную водную нагрузку.

Демпфирующая функция *болот*, располагающихся в пониженных частях рельефа, заключается в аккумуляровании атмосферных осадков и поверхностного стока, растворенных и взвешенных веществ и последующего растянутого во времени оттока в речную сеть.

Снижение мелиоративной нагрузки при мелиоративном освоении *пойм* средних и малых рек обусловлено возможностью использования на мелиоративной системе грунтовых вод, поступающих с водораздела, в водном питании сельскохозяйственных растений, что приведет к снижению оросительных норм. Водные ресурсы, скопившиеся в понижениях рельефа и в старицах в результате аккумуляции снеготалых и/или паводковых вод, могут использоваться для полива сельскохозяйственных культур, что сократит необходимость расхода речных вод.

Выполненные исследования позволяют отметить, что учет демпфирующих функций выделенных автором природных объектов – зоны аэрации, лесных массивов и лесонасаждений, болотных массивов и пойм рек, позволит повысить уровень обоснованности мероприятий по управлению водным режимом на мелиорируемых землях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яшин, В. М. Зона аэрации – природный объект – экологический демпфер / В. М. Яшин // Ресурсный потенциал почв – основа продовольственной и экологической безопасности России: материалы междунар. науч. конф., 1–4 марта 2011, Санкт-Петербург. – С. 515–517.
2. Дажо, Р. Основы экологии / Р. Дажо. – М.: Изд-во «Прогресс», 1975. – 416 с.
3. Кац, Д. М. Влияние орошения на грунтовые воды / Д. М. Кац. – М.: Колос, 1976. – 272 с.
4. Кирейчева, Л. В. Теоретические подходы к обоснованию систем комплексных мелиораций / Л. В. Кирейчева, В. М. Яшин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2019. – № 5. – С. 30–35.

СОДЕРЖАНИЕ

В. И. Желязко, М. Г. Голченко – основатель научно-педагогической школы по оросительным мелиорациям	3
А. М. Абдибай, Г. М. Куватова, К. К. Ануарбеков. Улучшение водно-солевого режима орошаемых земель в низовьях реки Сырдарья и оценка его влияния на продуктивность кормовых культур	11
С. В. Андреюк, В. А. Бурко. Исследование технологической эффективности городских канализационных очистных сооружений	20
Г. Ф. Аскерова. Антропогенное влияние на морфогенетические показатели почв современных агроландшафтов	25
Ч. Т. Бахшиева. Экологическое состояние и функционирование почв в условиях загрязнения нефтью и нефтепродуктами	31
Г. И. Бондарева, А. Ю. Кульчев. Развитие национальной системы стандартизации в области мелиорации	37
И. Г. Бондарик. Перспективы развития мелиорации в условиях дефицита водных ресурсов	42
А. А. Бубер. Интегрированное управление водными ресурсами Нижней Кубани в интересах сельского хозяйства	49
В. В. Васильев, Н. В. Васильева. Проведение природоохранных мероприятий при реконструкции мелиоративных систем	54
А. А. Волчек, Ю. П. Городнюк. Моделирование урожайности озимой ржи на примере Барановичского района	60
А. А. Волчек, В. В. Борушко. Оценка влияния дополнительных мероприятий по ускорению стока воды с осушаемых территорий	65
Т. Б. Воронкова, С. Л. Василькова. Проблемный подход при изучении функций нескольких переменных	69
А. А. Дедов. Правовой регламент защиты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук в Российской Федерации	73
Э. Б. Дедова, С. Д. Исаева. Геоинформационное обоснование рационального водопользования в сельском хозяйстве	81
А. М. Джафаров, Э. М. Мамедова, З. М. Велиева. Физико-химические свойства почв Хызинского района Азербайджана и их влияние на агрофизические свойства	87
Л. Г. Долматова, Э. Н. Степанова. Снижение плодородия почвы: причины и методы восстановления	91
Д. А. Дрозд, Ю. В. Алехина, Н. М. Щуренко. Энергетическая эффективность орошения сырьевого конвейера из разноспелых сортов клевера лугового в условиях северо-восточной части Республики Беларусь	96
В. И. Желязко, А. С. Жалгаскужиева. Устройство дренажа в песчаных грунтах без защитно-фильтрующих материалов	99
В. И. Желязко, Д. А. Захарчук. Влияние поливной нормы на формирование контура увлажнения	104
В. И. Желязко, А. В. Миленков. Долговечность кротовых увлажнителей при внутрпочвенном орошении	108
В. И. Желязко, А. Н. Чашинский. Защитно-фильтрующие материалы, применяемые при осушении земель	113
С. Д. Исаева, Э. Б. Дедова. Разработка экспертной системы обоснования интегрированного управления мелиоративно-водохозяйственным комплексом	117
Л. В. Кирейчева. Повышение энергетических составляющих агроэкосистемы комплексными мелиорациями	125
А. Т. Козыкеева, У. Шугайып. Особенности распределения речной сети Нура-Сарыусского водохозяйственного бассейна	129
А. Т. Козыкеева, А. О. Жатканбаева, Ф. Ф. Самидолда. Применение водосберегающих технологий и технических средств орошения	135
А. А. Константинов, В. М. Лукашевич. Применение системы капельного орошения и эффективность ее работы	144

В. В. Копытовский, А. А. Масленков. Водный режим почвы на специализированных оросительных системах.....	146
А. С. Кукреш, Ю. Н. Дуброва. Использование симбиотических, ассоциативных и фосфатомобилизирующих препаратов в условиях орошения дождеванием при возделывании многолетних бобово-злаковых травостоев интенсивного типа.....	150
С. В. Курзенков. Перспективы использования возможностей информационно-коммуникационных технологий в процессе преподавания физико-математических дисциплин	154
В. М. Лукашевич, А. А. Константинов. Выращивание зеленых культур при капельном орошении.....	159
В. В. Масич. Реализация гуманитарного компонента естественно-научных дисциплин	162
С. Ю. Масич. Способы оптимизации теоретической подготовки будущих специалистов.....	166
К. М. Мелихов, А. А. Киселев. Исследование водомерного устройства с плоским чувствительным элементом и автоматизация подачи постоянного расхода воды в канал-ороситель	169
Л. И. Мельникова. Башенный водосброс с поплавковым затвором для водоохраных объектов.....	174
С. А. Меньшикова. Интенсификация процесса депонирования органических соединений на деградированных и малопродуктивных землях	177
О. А. Мерзлова. Радиационно опасные земли как объект реабилитации и рекультивации.....	183
М. Г. Мустафаев, А. И. Гаджиев, А. Х. Гасанова. Влияние изменений уровня Каспийского моря на гидрологический режим и морфологию устья реки Кура.....	189
С. В. Набзоров, В. В. Васильев. Проектирование агромелиоративных мероприятий при реконструкции мелиоративных систем.....	196
Т. В. Наумова. Роль физического моделирования гидротехнических сооружений и русловых процессов в обеспечении принятия решений при управлении оросительными системами.....	202
И. В. Ольгаренко, Д. С. Переверзева. Влияние изменчивости суммарного испарения и оросительной нормы на урожайность сахарной свеклы.....	207
М. П. Подобед. Личностно-ориентированный подход в преподавании курса общей физики для студентов 1-го курса БГСХА	212
И. А. Романов. Учет поверхностного стока при водобалансовых расчетах.....	216
Л. М. Рыскулбекова. Утилизация сточных вод и их перспективы в сельскохозяйственной отрасли	219
Ф. А. Садыгов. Агротехнические и мелиоративные мероприятия на территориях, очищенных от нефтезагрязнителей	225
Н. Е. Степанова. Восстановление плодородия земель сельскохозяйственного назначения.....	230
В. С. Федотова. Математическое моделирование организации мелиоративных работ средствами информационных технологий	233
А. В. Цвыр. Межпредметные связи при обучении физике как фактор развития профессиональной направленности личности студента.....	238
А. В. Цвыр, Л. Е. Кириленко. Методические аспекты преподавания темы «Динамика вращательного движения» студентам инженерных специальностей.....	242
Т. М. Чубукова. Реализация системно-деятельностного подхода при изучении физики в высших учебных заведениях	246
Р. М. Шабанов, Э. Б. Дедова, А. А. Дедов, В. В. Очиров. Оценка поверхностных водных ресурсов восточного склона Ергенинской возвышенности с использованием геоинформационных систем и данных ДЗЗ.....	249
В. М. Яшин. Об учете демпфирующих свойств компонентов ландшафтов с целью снижения мелиоративной нагрузки на природную среду	254