

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»

# **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕЛИОРАЦИИ И ОБУСТРОЙСТВЕ СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ**

Сборник научных трудов  
по материалам Международной научно-практической конференции

Горки, 28 февраля 2025 г.

Горки  
Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия  
2025

УДК 001.895:[631.6+711.3](06)

ББК 38.778 я43

И66

Редакционная коллегия:

Ю. Н. Дуброва (гл. ред.), Д. В. Кольчевский, В. В. Дятлов,  
А. С. Кукреш, И. А. Романов (отв. за выпуск)

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент О. П. Мешик;  
директор ОАО «Государственный проектный институт  
«Могилевагропромпроект» Д. М. Кустовский

**И66 Инновационные технологии в мелиорации и обустрой-**  
**стве сельских населенных пунктов** : сборник научных трудов  
по материалам Международной научно-практической конфе-  
ренции / редкол.: Ю. Н. Дуброва (гл. ред.) [и др.]. – Горки : Бе-  
лорус. гос. с.-х. акад., 2025. – 124 с.

ISBN 978-985-882-699-4.

Приведены научные статьи ученых и преподавателей, посвященные строи-  
тельству, мелиорации и обустройству территорий.

Для научных работников, преподавателей и специалистов в области строи-  
тельства и мелиорации земель. Подготовленные научные материалы печатаются  
с компьютерных оригиналов. За точность и достоверность предоставленных  
материалов ответственность несут авторы статей.

УДК 001.895:[631.6+711.3](06)

ББК 38.778 я43

ISBN 978-985-882-699-4

© Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия, 2025

## **АНТРОПОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ НА МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВ СОВРЕМЕННЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ**

**Г. Ф. АСКЕРОВА,**

докторант, науч. сотрудник

Институт почвоведения и агрохимии  
Министерства науки и образования Азербайджана,  
Баку, Азербайджан

**Аннотация:** Желто-бурые горно-лесные почвы и горно-лесные желтоземы распространены во влажной субтропической зоне республики, в Ленкоранской низменности. Эти почвы образуют границу с псевдоподзоленными 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.

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

**Summary:** Yellow-brown mountain-forest soils and mountain-forest zheltozems, 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.

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

**Введение.** 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 [3–5]. 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.

I. Горно-лесные желтые – *haplic Acrisols* (Clayic, Humic)

1. Лессированные горно-лесная желтая – *haplic Acrisols* (Clayic, Transportic)

2. Псевдопадолизованный горно-лесной желтый – *Gleyic Stagnic Acrisols* (Clayic, Podzolic)

3. Типичный горно-лесной желтый – *haplic Acrisols* (Clayic, Humic)

4. Неосвоенный горно-лесной желтый – *Leptic Acrisols* (Clayic)

Горно-лесные 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 представля-

ет собой тяжелую глину. В системе классификации выделяют 4 подтипа горно-лесных желтоземов: лессированные горно-лесные желтые, псевдоподзолизованные горно-лесные желтые, типичные горно-лесные желтые, слаборазвитые горно-лесные желтые. Тот факт, что горно-лесные желтоземы имеют глинистую гранулометрическую составляющую  $>100$  см, слабую поглотительную способность  $<50$  мг/экв, свидетельствует о том, 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 исследований.** По гранулометрическому составу неэродированные почвы средне глинистые 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 охристыми пятнам ржавчины в горизонтах AU и B<sub>v</sub>, 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 незеродированных горно-лесных желтоземах 65,18 %, в эродированных почвах 62,79 %, пылевидных частиц ( $<0,001$ ) в незеродированных 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 незеродированных 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 эрозивно стойких агрегатов в верхнем слое не позволяет дождям размывать почву и усиливать эрозию.

#### Химические свойства почв

№	Глубина, см	Гигр. влага, %	Гумус, %	Азот, %	С:N	Соли, %	Абсорб. основания, мг/экв.		Ca/Mg	pH
							Ca	Mg		
<b>Оподзоленные горно-лесные желтоземы</b>										
1	0–5	4,48	4,91	0,34	8,37	0,067	34,6	9,9	3,5	5,22
2	5–27	3,44	2,02	0,16	7,31	0,100	26,3	13,7	1,9	5,51
3	27–62	4,25	1,34	0,11	7,06	0,067	34,8	13,2	2,6	5,70
4	62–117	4,21	1,09	0,10	6,32	0,083	40,4	9,1	4,4	5,90
5	117	4,21	0,41	0,06	3,95	0,120	37,8	10,2	3,7	6,11
<b>Горно-лесные желтые земли</b>										
6	0–17	2,81	2,50	0,19	7,63	0,080	18,7	13,8	1,4	5,62
7	17–44	2,64	1,25	0,11	6,59	0,064	19,9	2,6	7,7	5,08
8	44–88	3,74	0,98	0,10	5,68	0,101	25,3	13,7	1,8	5,05
9	88–106	3,01	0,79	0,08	5,73	0,223	22,8	10,7	2,1	5,27
10	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, погло-

ценных оснований, содержания солей) показателей почвы. Как видно из характеристики типов почв района, эрозийный 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 эродированных типах желтых горно-лесных 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 эродированных пород. Быстрое выщелачивание карбонатов из верхних слоев привело к тому, что количество  $\text{CaCO}_3$  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 горно-лесных желтоземов в водном растворе составляет 5,7, а в эродированных почвах увеличивается до 6,11. Антропогенные воздействия и процесс эрозии значительно ухудшили поглощательную способность почвы и уменьшили количество поглощаемых оснований. Чем больше мелких фракций в почве, тем больше поглощательная способность. Поглощенные основания (Са:Мг) уменьшались от 1,9–4,4 до 1,4–7,7 в верхних слоях эродированных 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 Са.

#### 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, 29–30 апр. 2022 г. – С. 182.
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, В. Х. Гасанов, Ч. М. Джафарова, С. М. Гусейнова. – 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., Mammadova G. I., Yarish A. Importance of biodiagnostics and irrigation grey-brown soils Universal Journal of Agricultural Research. Horizon research publishing co., ltd. NSD, CAS, Scopus indexed. DOI: 13189/ujar.2021.090301 Vol. 9, No3. pp. 63–69 USA, CA [https://www.hrpub.org/journals/article\\_info.php?aid=11006](https://www.hrpub.org/journals/article_info.php?aid=11006).

УДК 628.83

## **КОМБИНИРОВАННАЯ ПОВЕРХНОСТНАЯ ПНЕВМОВИБРОДИНАМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ УПРОЧНЕНИИ НЕЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН В МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

**Е. В. АФАНАСЕНКО**, доцент

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
Горки, Республика Беларусь

**Д. Е. АФАНАСЕНКО, А. В. МИРАНОВИЧ**

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

Разработана схема нового технологического процесса упрочнения рабочих поверхностей нежестких деталей машин типа тел вращения комбинированной поверхностной пневмовибродинамической обработкой электромагнитных покрытий с прогнозированием возможных физико-механических и эксплуатационных характеристик изделий.

В современном машиностроении и ремонтном производстве с учетом возросших требований к эксплуатационным и качественным параметрам изделий актуальной проблемой является разработка нетрадиционных технологий, позволяющих упрочнять и восстанавливать рабочие поверхности деталей машин со значительной экономией энергетических и материальных ресурсов. С этой целью разработана схема нового технологического процесса электромагнитной наплавки с поверхностной пневмовибродинамической обработкой (ЭМН с ПВДО) для упрочнения и восстановления нежестких деталей машин типа тел вращения.

Создан производственный модуль УНПРМ1 на базе токарного станка JEYBD-8VS, в состав которого входят установка для электро-

магнитной наплавки и инструмент для ПВДО. Схема модуля для упрочнения и восстановления поверхностей нежестких деталей ЭМН с ПВДО представлена на рис. 1.

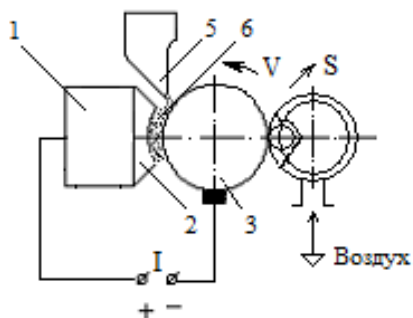


Рис. 1. Технологическая схема модуля для комбинированной поверхностной пневмовибродинамической обработки электромагнитных покрытий

Принцип работы модуля состоит в следующем. В рабочий зазор между полюсным наконечником 2 и обрабатываемой поверхностью детали 3 из бункера-дозатора 5 при помощи смазывающе-охлаждающей жидкости (СОЖ – 50 % раствор товарного эмульсола Э2 в воде) подается ферромагнитный порошок на железной основе (Fe – 2 % V, Fe – 10 % V, Fe – Ti, С-300, Р6М5К5, Р6М5Ф3, ФБ-3, Fe-Cr, ПЖРВ-2) зернистостью 150...300 мкм. Под воздействием постоянного магнитного поля, генерируемого системой неодимовых магнитов 1, частицы порошка выстраиваются вдоль магнитных силовых линий в виде цепочек-электродов, по которым от сварочного инвертора InverlecV270T пропускается технологический ток силой  $I = 80...160$  А. Под воздействием постоянного тока и электромагнитного поля цепочки-электроды нагреваются, расплавляются и в виде капель-расплава материала порошка хаотически переносятся на обрабатываемую поверхность детали, имеющей определенную частоту вращения. При комбинированной обработке поверхности детали ЭМН с ПВДО наносимые покрытия, в виде монолитных соединений расплавленного порошка с основой, подвергаются воздействию рабочих тел (деформирующие шары), которые перемещаются вдоль камеры расширения и получают орбитальное вращательное движение под действием сжатого воздуха. При вращении рабочие тела развивают центробежную силу и в результате их взаимодействия с обрабатываемой поверхностью про-

исходит смятие и сглаживание ее микронеровностей. Разработан инструмент для обработки наружных поверхностей (рис. 2), который позволяет в процессе ЭМН сглаживать гребешки микронеровностей поверхности наплавки, тем самым ликвидировать концентраторы магнитного поля, за счет которых в процессе ЭМН электроэрозия расплавленного порошка в зоне нанесения покрытия становится эквивалентной переносимому на основу заготовки материалу. ЭМН с ПВДО позволяет получить толщину наплавленного слоя до 1,5...1,8 мм на диаметр, что в ряде случаев является достаточным при восстановлении изношенных деталей машин.

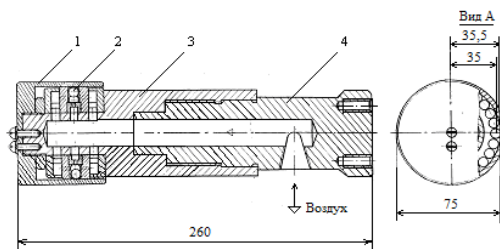


Рис. 2. Схема инструмента для поверхностной пневмовибродинамической обработки наружных рабочих поверхностей нежестких деталей типа тел вращения:  
 1 – стакан; 2 – деформирующие шары; 3 – инструмент для ПВДО;  
 4 – оправка для закрепления инструмента для ПВДО

С другой стороны ПВДО, как низкотемпературный процесс, может влиять на остаточные напряжения, возникающие в процессе ЭМН, и обеспечивать получение сжимающих напряжений, повышающих усталостную прочность обработанных изделий. Упрочненная в процессе ЭМН с ПВДО поверхность является равнонапряженной и имеет мелкодисперсную мартенситную структуру.

На основании источников [1–5], описывающих технологические процессы ЭМН и ПВДО можно прогнозировать качественные и эксплуатационные характеристики наносимых покрытий: шероховатость рабочих поверхностей деталей машин  $R_a = 0,16...0,32$  мкм; твердость  $HRC_3 = 48...56$ ; несущая стабильность поверхности; повышение износостойкости в 1,8...2,6 раза, усталостной прочности в 2...2,4 раза по сравнению с новыми деталями, изготовленными по традиционным технологиям.

Следует отметить, что для деталей, не воспринимающих нагрузку, после их упрочнения и восстановления ЭМН с ПВДО не требуется последующей механической обработки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Технологические основы обработки изделий в магнитном поле / П. И. Ящерицын, Л. М. Кожуро, А. П. Ракомсин [и др.]. – Минск: ФТИ, 1997. – 415 с.
  2. Афанасенко, Е. В. Упрочнение деталей машин комбинированным методом электромагнитного покрытия и поверхностного пластического деформирования / Е. В. Афанасенко // Совершенствование существующих и создание новых ресурсосберегающих технологий и оборудования в машиностроении, сварочном производстве и строительстве: тезисы докладов на науч.-техн. конф. – Могилев: ММИ, 1991.
  3. Афанасенко, Е. В. Восстановление и упрочнение деталей машин комбинированным методом электромагнитной наплавки с поверхностным пластическим деформированием: дис. ... канд. техн. наук / Е. В. Афанасенко. – Минск, 1994. – 222 с.: ил.
  4. Минаков, А. П. Технологические основы пневмовибродинамической обработки нежестких деталей / А. П. Минаков, А. А. Бунос; под ред. П. И. Ящерицына. – Минск: Наука і техника, 1995. – 304 с.
- 5 DIN 4776. Rauheitsmessung; Kenngroben  $R_k$ ,  $R_{PK}$ ,  $R_{VK}$ ,  $M_{r1}$ ,  $M_{r2}$  zur Beschreibung des Materialanteils im Raubeitsprofil; Meßbedingungen und Auswerteverfahren. Германия.

УДК 621.793

## СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ ПОСЛЕ МАГНИТНО- ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ И ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

**В. Г. МИСЬКО**

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

**Е. В. АФАНАСЕНКО**, доцент

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
Горки, Республика Беларусь

**Д. Е. АФАНАСЕНКО**

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Сельскохозяйственные машины содержат множество деталей, работающих в условиях трения как с открытым грунтом, когда превалирует абразивный и коррозионный виды изнашивания, так и в парах сопряжений [1]. Восстановление и упрочнение изношенных поверхностей рабочих органов сельскохозяйственных машин осуществляют путем нанесения покрытий и (или) упрочняющей термиче-

ской обработки [2–4].

Для нанесения покрытий используют современные электрофизические методы, к числу которых относятся лазерное упрочнение (ЛУ), магнитно-электрическое упрочнение (МЭУ) и др. Эти методы обеспечивают высокую прочность сцепления наносимых материалов с основой, минимальную зону термического влияния и высокую производительность.

При МЭУ нанесение покрытий происходит путем многоэлектродного воздействия электрических разрядов [5], что повышает производительность обработки. К тому же при МЭУ магнитное поле оказывает модифицирующее воздействие на материал поверхностного слоя.

Лазерные методы упрочнения основаны на использовании тепла, генерируемого световым лучом с высокой концентрацией передаваемой энергии (не менее  $10^6$  Вт/см<sup>2</sup>). При взаимодействии с материалом детали лазерный луч за короткое время ( $10^{-2} \dots 10^{-3}$  с) оказывает интенсивное тепловое воздействие на материал поверхностного слоя, что обуславливает его модифицирование [6–9]. Воздействие лучом непрерывного СО<sub>2</sub>-лазера мощностью более 1 кВт обеспечивает термическое упрочнение поверхностного слоя и может применяться при восстановлении рабочих органов сельскохозяйственных машин. Одной из разновидностей технологии послойного лазерного синтеза является селективное лазерное спекание (СЛС) [10], при котором происходит синтез порошковой среды различных материалов путем соединения частиц порошка между собой образующейся жидкой фазой для быстрого создания модифицированного покрытия изношенной детали практически из любых материалов.

Материалы и методы. Концентрированное энергетическое воздействие на материал поверхностного слоя как при МЭУ, так и при лазерном упрочнении, проявляется в модифицирующем эффекте. Плотность мощности потоков источников энергии находится в диапазонах: в локализованных зонах воздействия множества электроискровых разрядов при МЭУ –  $(5 \cdot 10^6 \dots 10^8)$  Вт/см<sup>2</sup>; в сфокусированной зоне непрерывного лазера –  $(10^6 \dots 10^9)$  Вт/см<sup>2</sup> [9]

При МЭУ упрочняемую поверхность располагают с определенным зазором относительно поверхности полюсного наконечника системы неодимовых магнитов и подключают модуль УНПРМ1 к источнику технологического тока InverlecV270T (рис.1, а). Затем упрочняемой поверхности сообщают кинематическое движение относительно полюсного наконечника магнита 3, и в зазор из бункера-дозатора б

непрерывно подают ферромагнитный порошок (ФМП), частицы которого выстраиваются в токопроводящие «цепочки» 2 и замыкают контакты источника постоянного тока. Под действием электрического разряда происходит плавление частиц ФМП в местах их контакта с поверхностью заготовки, что приводит к формированию на упрочняемой поверхности покрытия в виде множества точечных вкраплений (рис. 1, б).

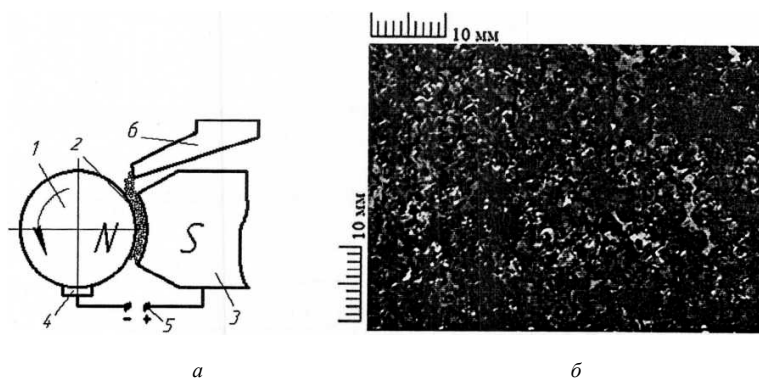


Рис. 1. Схема реализации МЭУ и фотография нанесенного покрытия:  
 1 – заготовка; 2 – токопроводящие «цепочки» из ФМП;  
 3 – полюсный наконечник магнита; 4 – скользящий контакт;  
 5 – источник технологического тока; 6 – бункер-дозатор ФМП

Энергическое воздействие множеством электрических разрядов осуществляет перенос материала ФМП и распределение его по оплавленной поверхности заготовки. Экспериментально установлено, что на начальной стадии процесса МЭУ перенос материала порошка происходит наиболее интенсивно, затем замедляется, и начинает частично сниматься упрочненный слой. Это вызвано эрозией (разрушением) тех, уже нанесенных точечных вкраплений, на которых повторно выстраиваются токопроводящие «цепочки» из частиц ФМП. Увеличение длительности МЭУ не приводит к адекватному увеличению массы покрытия, поэтому удельная длительность упрочнения не должна превышать  $4 \text{ с/см}^2$ . Следовательно, покрытия при МЭУ целесообразно наносить в один слой.

Достоинствами МЭУ являются отсутствие специальной предварительной подготовки поверхности детали, незначительная зона термиче-

ского влияния и высокая прочность сцепления покрытия с основным материалом, что дает основание относить МЭУ к эффективным способам упрочнения и восстановления деталей сельскохозяйственных машин. Вместе с тем, МЭУ обладает рядом недостатков. К ним относятся:

- неравномерность распределения по упрочняемой поверхности отдельных точечных вкраплений материала ФМП, вызванная спонтанным формированием токопроводящих цепочек из зерен ФМП, что приводит к снижению сплошности наносимого покрытия и его разнотолщинности;

- высокая шероховатость поверхности ( $Ra \geq 12,5$  мкм);

- вероятность образования микротрещин в поверхностном слое, вызванная высоким градиентом температуры при действии дугового разряда.

Для устранения вышеуказанных недостатков качества покрытий, сформированных после МЭУ, были проведены исследования их последующей обработки непрерывным лазером.

Экспериментально установлено, что толщина упрочненного слоя увеличивается с уменьшением скорости передвижения лазерного луча. При увеличении интенсивности теплового воздействия лазерным лучом, превышающем определенное значение, материал детали начинает испаряться, в результате чего на нем образуется кратер (каверна), а толщина упрочненного слоя увеличивается.

Эксперименты проводили на цилиндрических образцах из стали 45 (ГОСТ 1050-88) представляющих собой кольца с наружным диаметром 40 мм, внутренним – 16 мм и высотой 12 мм. Исходные образцы подвергали нормализации и поверхность, подлежащую упрочнению, обрабатывали до параметра шероховатости  $Ra = 12,5$  мкм.

На поверхность образцов наносили покрытия из двухкомпонентных легированных порошков на основе железа Fe-5%V и Fe-Ti (ГОСТ 9849-86), а также сплава ФБХ-6-2 (ГОСТ 11546-75) модулем УНПРМ1. Последующую лазерную обработку покрытий производили на CO<sub>2</sub>-лазере модели «Комета-2» мощностью 1 кВт.

Микроструктуру покрытий изучали методом оптической металлографии поперечных шлифов с использованием светового микроскопа Mef-3 фирмы «Reichert-Jung» (Австрия) и цифрового фотоаппарата «HP photosmart 715 digital camera». Микротвердость измеряли на приборе ПМТ-3М при величине статической нагрузки на индентор  $P \sim 0,49$  Н (50 г). Толщину покрытий определяли по распределению микротвердости в поперечном сечении образцов при помощи окулярной вставки с увеличением в 200 раз. Разнотолщинность покрытий

определяли по разности максимальной и минимальной местных толщин покрытий образца. Объемную пористость покрытий определяли методом гидростатического взвешивания.

**Результаты исследований.** Упрочненный поверхностный слой формируется в результате взаимодействия материалов ФМП и детали с образованием твердых растворов и взаимным диффузионным проникновением.

Микроструктура упрочненного слоя, обеспечивающая его физико-механические параметры, определяется химическим составом ФМП и материала основы. По структурному строению в упрочненном слое после МЭУ можно выделить три зоны: наплавленную, диффузионную и зону термического влияния (рис. 2, а).

Воздействие непрерывным лазером на поверхностный слой с покрытием после МЭУ уменьшает градиент структурной неоднородности, приводит к исчезновению микротрещин, повышает сплошность покрытия и уменьшает разнотолщинность (рис. 2, б и в).

Микроструктурный анализ показал, что покрытия из ФМП Fe-Ti характеризуется мелкодендритным строением (рис. 2, а), основу которого составляет твердый раствор титана в  $\alpha$ -железе, а также незначительного количества остаточного аустенита, интерметаллидов (FeTi, Fe<sub>2</sub>Ti), карбидов титана (TiC) и железа (FeC). Граница раздела имеет плавный переход, в котором на глубине до 50...90 мкм происходит полная фазовая перекристаллизация материала основы с последовательным образованием структур – однофазной (дислокационного мартенсита) и двухфазной (дислокационного мартенсита и рекристаллизованного феррита).

Покрытие из порошка Fe-5%V также характеризуется мелкодендритным строением (рис. 3, б), основу которого составляет твердый раствор ванадия в  $\alpha$ -железе. Структура наплавленного металла состоит из основы, твердого раствора ванадия в  $\alpha$ -железе, остаточного аустенита, карбидов ванадия (V<sub>2</sub>C, V<sub>4</sub>C<sub>2</sub>) и железа (FeC, FeCr). Диффузионная зона имеет структуру дислокационного мартенсита. Зона термического влияния представляет собой область неполной закалки, структура которой представляет феррит и отдельные участки перлита, превратившегося в троостомартенсит. Под зоной термического влияния находится область неполной закалки, структура которой представляет феррит и отдельные участки перлита, превратившегося в троостомартенсит.

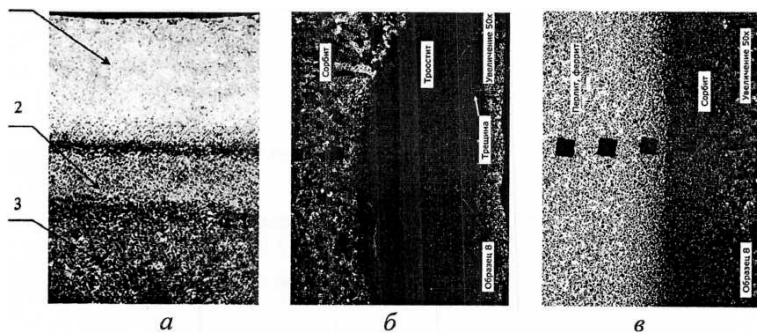


Рис. 2. Фотографии микроструктур покрытий из композиционного ферромагнитного порошка Fe-Ti:  
*a* – структурное строение покрытия после МЭУ;  
*б* – после МЭУ между зонами структурного строения ( $\times 50$ );  
*в* – после МЭУ и лазерной обработки между зонами структурного строения ( $\times 50$ );  
 1 – покрытие; 2 – зона термического влияния; 3 – основной материал

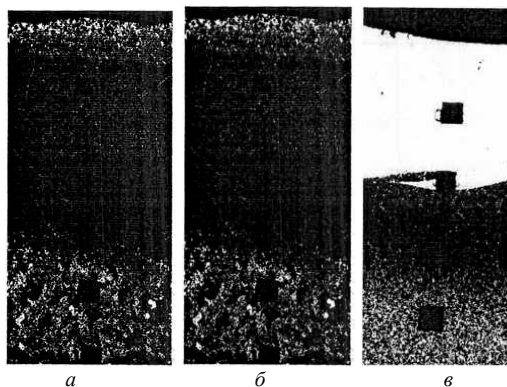


Рис. 3. Фотографии микроструктуры различных покрытий после МЭУ и лазерной обработки:  
*a* – Fe-Ti ( $\times 50$ ); *б* – Fe-5%V ( $\times 50$ ); *в* – ФБХ-6-2 ( $\times 50$ )

В покрытие из ФБХ-6-2 наплавленный слой имеет микроструктуру мелкодисперсного строения (рис. 3, *в*). Поверхностные слои состоят из частиц очень тонкого игольчатого строения, которые вытянуты в сторону основного металла. Основу покрытия составляет твердый раствор хрома в  $\alpha$ -железе, остаточный аустенит, а также карбиды железа

(Fe<sub>2</sub>C), бориды (FeB, CrB<sub>2</sub>, Cr<sub>3</sub>B<sub>3</sub>) и ферробориды (Cr<sub>1,65</sub>Fe<sub>0,35</sub>B<sub>0,96</sub>). Структура покрытия состоит из основы, твердого раствора хрома в α-железе, а также остаточного аустенита, карбидов железа (Fe<sub>2</sub>C), боридов (FeB, CrB<sub>2</sub>, Cr<sub>3</sub>B<sub>3</sub>) и ферроборида (Cr<sub>1,65</sub>Fe<sub>0,35</sub>B<sub>0,96</sub>).

Результаты исследований показывают (табл. 1), что глубина упрочненного слоя по параметру средней микротвердости составляет до 3 мм. Наблюдается также снижение микротвердости у покрытий, что возможно по причине перераспределения внутренних напряжений на границе раздела «покрытие-основа детали».

Таблица 1. Микротвердость поверхностного слоя покрытий из композиционного ферромагнитного порошка Fe-Ti после МЭУ и лазерной обработки

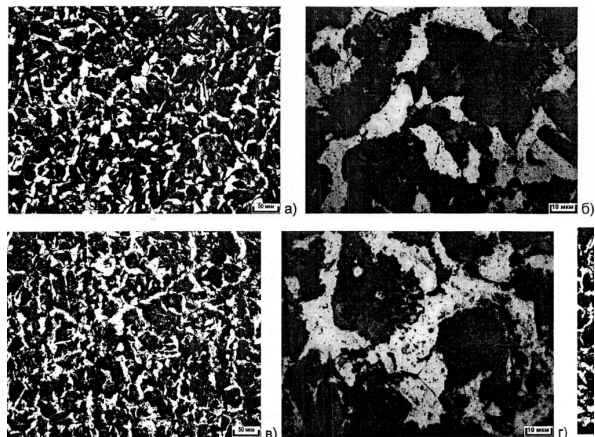
Расстояние от поверхности, мм	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Микротвердость, НВ	437	467	438	346	376	371	242	209	201	204

Результаты экспериментальных исследований (табл. 2) показывают, что лазерная обработка покрытий, полученных МЭУ, при уменьшении средней их толщины в 1,12 раза, позволяет повысить качество поверхностного слоя за счет снижения их объемной пористости в 2,7...3,3 раза и средней разнотолщинности в 1,16...1,21 раза.

Таблица 2. Пористость, толщина и разнотолщинность покрытий, полученных МЭУ и лазерной обработкой

Материал ФМП	Средняя толщина покрытий, мкм	Средняя разнотолщинность покрытий, мкм	Объемная пористость, %
<b>Магнитно-электрическое упрочнение</b>			
Fe-Ti	257	63	6,8
Fe-5%V	263	57	4,6
ФБХ-6-2	274	51	5,1
<b>Магнитно-электрическое упрочнение и лазерная обработка</b>			
Fe-Ti	229	54	2,3
Fe-5%V	235	49	1,4
ФБХ-6-2	244	42	1,9

Исследование микроструктуры проводилось на световом микроскопе «MeF-3» фирмы «Reichert» (Австрия) при увеличении ×100, ×500 (рис. 4).



а), в)  $\times 100$ ; б), г)  $\times 500$

Рис. 4. Микроструктура образца до (а, б) и после (в, г) лазерной обработки  
 Микроструктура образцов феррито-перлитная: перлит (феррит +  $\text{Fe}_3\text{C}$ ) с сеткой феррита.  
 Фазовый состав:  $\alpha$ -Fe-феррит, цементит –  $\text{Fe}_3\text{C}$

**Выводы.** Экспериментальными исследованиями установлено, что лазерная обработка покрытий поверхности деталей сельскохозяйственных машин, нанесенных МЭУ, значительно уменьшает градиент структурной неоднородности, приводит к полному исчезновению микротрещин, уменьшает среднюю разнотолщину покрытий до 1,2 раза и объемную пористость покрытий до 3 раз, а также наблюдается снижение микронапряжений с 0,74 % до 0,1%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Черноиванов, В. И. Восстановление деталей машин (Состояние и перспективы) / В. И. Черноиванов, И. Г. Голубев. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 376 с.
2. Казаровец, Н. В. Инновационные технологии упрочнения деталей сельскохозяйственной техники / Н. В. Казаровец, Г. Ф. Бетенья, Г. И. Анискович // Сборник докладов 12 МНТК (10–12 сент. 2012 г., г. Углич). – М.: ФГУП «Изд-во «Известия», 2012. – С. 219–228.
3. Бетенья, Г. Ф. Упрочнение деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин в условиях импульсного закалочного охлаждения / Г. Ф. Бетенья, А. В. Кривцов // Агропанорама. – 2015. – № 3. – С. 15–19.
4. Анискович, Г. И. Экономическая эффективность импортозамещающего производства запасных частей для тракторных плугов / Г. И. Анискович // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2018. – № 4. – С. 10–17.

5. Акулович, Л. М. Магнитно-электрическое упрочнение поверхностей деталей сельскохозяйственной техники / Л. М. Акулович, А. В. Миранович. – Минск: БГАТУ, 2016. – 236 с.

6. Перспективные методы модификации поверхности металлов лазерной обработкой / В. Е. Архипов [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2008. – № 12. – С. 26–31.

7. Шатульский, А. А. Применение методов прототипирования для изготовления изделий машиностроения / А. А. Шатульский, М. А. Шаповалова // Научные труды Белорусского государственного университета. – 2011. – № 1. – С. 24–29.

8. Девойно, О. Г. Поверхностное упрочнение серого чугуна совмещенной лазерной и ультразвуковой обработкой / О. Г. Девойно // Наука и техника. – 2013. – № 2. – С. 3–6.

9. Григорьянц, А. Г. Создание композиционных покрытий из металлических порошков лазерной объемной наплавкой / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, Р. С. Третьяков // Сварочное производство. – 2018. – № 5. – С. 21–28.

10. Deckard, C. R. Recent advances in selective laser sintering / C. R. Deckard, J. J. Beaman // Proceedings of the 14th Conference on Production Research and Technology. Michigan, 1987. – P. 447–451.

11. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов : учеб. пособие / М. Л. Хейфец [и др.]. – Новополоцк: ПГУ, 2012. – 304 с.

УДК 378:342.813

## **ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ: ВЫЗОВЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ**

**А. А. БОРОВИКОВ,**

доцент кафедры гидротехнических сооружений и водоснабжения

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,

Горки, Республика Беларусь

**Аннотация:** Статья посвящена актуальным вопросам модернизации инженерного образования в контексте стремительно меняющейся окружающей реальности. В статье проанализированы современные тенденции развития и вызовы, стоящие перед инженерным образованием, а также перспективные подходы к их преодолению. Особое внимание уделяется вопросам формирования компетенций, необходимых для работы в условиях цифровой экономики, необходимости тесного международного сотрудничества в области инженерного образования.

**Ключевые слова:** образование, цифровая экономика, образовательные программы, компетенции, практическое обучение.

**Summary:** The article is devoted to topical issues of modernization of engineering education in the context of rapidly changing environmental

reality. The article analyzes current development trends and challenges facing engineering education, as well as promising approaches to overcome them. Special attention is paid to the formation of competencies necessary to work in the digital economy, the need for close international cooperation in the field of engineering education.

**Keywords:** education, digital economy, educational programs, competencies, practical training.

Современный мир предъявляет беспрецедентные требования к инженерному образованию. Глобализация и потребность в устойчивом развитии Республики Беларусь создают новые вызовы, требующие оперативной адаптации образовательных программ.

С каждым годом растет потребность в подготовке специалистов, способных к междисциплинарной работе, владеющих цифровыми технологиями [1] и обладающих навыками критического мышления и инноваций. Быстро устаревающие учебные планы, недостаток практического опыта и слабая связь с производством препятствуют эффективной подготовке кадров.

Какие же проблемы существуют?

Во-первых, это устаревшие учебные программы и методы обучения, не отвечающие современным требованиям рынка труда и потребностям студентов [2]. Они часто игнорируют последние достижения науки и техники, сосредотачиваясь на заучивании, а не на развитии критического мышления и навыков решения проблем. Ограниченные возможности для развития у студентов так называемых «мягких навыков» (soft skills), таких как коммуникация, работа в команде, лидерство и адаптивность. В современном мире эти навыки играют не менее важную роль, чем профессиональные знания, и их развитию необходимо уделять больше внимания.

Во-вторых – недостаточная интеграция новых технологий в образовательный процесс. Использование цифровых ресурсов, онлайн-платформ и интерактивных инструментов все еще ограничено, упуская возможности для персонализированного и увлекательного обучения. Внедрение современных информационных технологий происходит неравномерно и зачастую неэффективно. Необходимо обеспечить все образовательные учреждения доступом к высокоскоростному интернету, современному программному обеспечению и цифровым образовательным ресурсам. Также требуется повышение квалификации педагогов в области использования информационно коммуникационных технологий.

В-третьих – разрыв между теорией и практикой, когда студенты получают обширные теоретические знания, но не имеют достаточного опыта применения их на практике. Недостаточная связь между образовательными учреждениями и предприятиями, отсутствие тесного сотрудничества затрудняет разработку образовательных программ, отвечающих потребностям рынка, а также ограничивает возможности для прохождения стажировок и трудоустройства выпускников.

И наконец, нехватка квалифицированных преподавателей, обладающих не только глубокими знаниями в своей области, но и современными педагогическими навыками, способными мотивировать и вдохновлять студентов. В последнее время отмечается недостаточная мотивация студентов к углубленному изучению технических дисциплин, что частично объясняется сложной подачей материала и отсутствием наглядных примеров применения знаний.

Не стоит сбрасывать со счетов проблему недостаточного финансирования образовательных учреждений. Это приводит к нехватке современного оборудования, ограниченному доступу к научным ресурсам и снижению престижа профессии преподавателя, что, в свою очередь, усугубляет проблему нехватки квалифицированных кадров. Недостаточная поддержка молодых ученых и исследователей, ограниченные возможности для проведения научных исследований, нехватка финансирования и отсутствие четких перспектив для карьерного роста приводят к оттоку талантливых кадров из научной сферы. Необходимо создание благоприятных условий для научной деятельности, развитие грантовой поддержки и стимулирование инновационных разработок.

Не стоит забывать и о патриотическом воспитании молодежи. Очень важно формировать у подрастающего поколения чувство гражданской ответственности за будущее страны и уважение к истории и культуре народа, частью которого они являются. Необходимо усилить роль образовательных учреждений в формировании духовно-нравственных ценностей и патриотического сознания.

Для решения обозначенных проблем требуется интеграция практического опыта и теоретических знаний. Это подразумевает расширение программ стажировок, проектной деятельности и использование реальных кейсов в учебном процессе. Акцент должен быть сделан на развитии критического мышления, навыков решения проблем и командной работы. Это позволит студентам применять теоретические знания на практике, развивать навыки командной работы и критического мышления, а также приобретать опыт решения реальных инженерных задач [3].

Важным элементом является адаптация учебных планов к современным требованиям производства. Необходимо стимулировать междисциплинарное взаимодействие, объединяя инженерные науки с гуманитарными и социальными. Использование интерактивных методов обучения, развитие цифровых компетенций у преподавателей также играет ключевую роль в обеспечении качественного образования. Непрерывное профессиональное развитие профессорско-преподавательского состава необходимо для поддержания актуальности знаний и навыков.

Внедрение персонализированных образовательных траекторий, учитывающих индивидуальные потребности и интересы студентов, также является многообещающим направлением. Это может включать в себя гибкий график обучения, выбор факультативных дисциплин и возможность специализации в узких областях инженерной деятельности. Индивидуальный подход способствует более глубокому усвоению материала и развитию уникальных навыков.

Создание современных лабораторий, оснащенных передовым оборудованием, позволит студентам и преподавателям проводить экспериментальные исследования и разрабатывать инновационные решения. Поддержка стартапов и предпринимательских инициатив в инженерной сфере также способствует коммерциализации научных разработок и созданию новых рабочих мест.

Необходимо развивать международное сотрудничество в области инженерного образования, обмениваться опытом с ведущими зарубежными университетами и привлекать иностранных преподавателей и студентов. Участие в международных проектах и конференциях позволит повысить квалификацию профессорско-преподавательского состава и расширить кругозор студентов.

Развитие цифровой инфраструктуры инженерного образования является неотъемлемой частью процесса модернизации. Внедрение онлайн-курсов, виртуальных лабораторий и цифровых образовательных платформ позволит сделать образование более доступным и гибким, а также расширить возможности для самостоятельного обучения и профессионального развития.

Наконец, необходимо уделять особое внимание развитию у студентов «soft skills», таких как коммуникабельность, лидерские качества и умение работать в команде. Эти навыки необходимы для успешной карьеры в инженерной сфере и позволяют инженерам эффективно взаимодействовать с коллегами, заказчиками и обществом в целом.

В заключении хотелось бы отметить, что единственно верным решением является модернизация образовательных программ с акцентом

на практическое обучение, развитие сотрудничества с организациями-заказчиками кадров для проведения стажировок, внедрение цифровых инструментов и платформ, стимулирование инновационной деятельности студентов и преподавателей, а также развитию «soft skills», необходимых для успешной работы в команде и коммуникации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Боровиков, А. П. Применение цифровых технологий в образовательном процессе как базовый компонент инклюзивной образовательной среды / А. П. Боровиков, Т. Н. Бушуева // Актуальные вопросы устойчивого развития России в контексте ключевых целей национальных проектов: материалы XVIII Всероссийской студенческой научно-практической конференции: в 2 частях, Челябинск, 23–24 апреля 2020 года. Том Ч. 1. – Челябинск: Челябинский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», 2020. – С. 34–36.

2. Боровиков, А. А. ЭУМК в контексте информационно-образовательной среды / А. А. Боровиков // Актуальные научно-технические и экологические проблемы мелиорации земель: материалы Международной научно-практической конференции. – Горки: БГСХА, 2022. – С. 14–19.

3. Боровиков, А. А. Мелиорация в Беларуси: состояние, проблемы и пути решения / А. А. Боровиков, В. С. Бочарников, И. А. Романов // Мелиорация будущего: тренды, инновации и технологии в сельском хозяйстве : материалы Международного форума молодых ученых, посвященного 100-летию образования ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, Москва, 28–29 марта 2024 г. – М.: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, 2024. – С. 120–127.

УДК 627.08: 629.7.075

### **УЛЬТРАЗВУКОВОЙ РАСХОДОМЕР-СЧЕТЧИК «ВЗЛЕТ МР» ДЛЯ УЧЕТА ОБЪЕМА ВОДЫ**

**А. Р. ВАГАПОВА**, канд. техн. наук, ст. преподаватель

**К. Е. КАЛИЕВА**, PhD, ст. преподаватель

**М. С. НАБИОЛЛИНА**, канд. с.-х. наук, ассоциированный профессор

Казахский национальный аграрный исследовательский университет,  
Алматы, Казахстан

**Аннотация.** Ультразвуковой расходомер использует ультразвуковые импульсы для определения расхода жидкости в трубе. Ультразвуковые расходомеры стали широко применяться с 1970-х гг. Сегодня их технология более совершенная и область их применения более обширная. Главное достоинство ультразвукового расходомера заключается в

том, что он может измерять скорость потока жидкости без контакта с измеряемым объектом. Это означает, что тип среды или размер трубы не влияют на эффективность работы ультразвукового расходомера. В статье использовался анализ и метод сравнения.

**Ключевые слова:** измерение расхода воды, расходомер-счетчик «Взлет МР», ультразвуковые счетчики, управление приборами.

Природные ресурсы – исчерпываемые богатства земли. Основное задачей современного общества является бережливое отношение к этим источникам. Научившись экономить сегодня, мы сумеем сохранить для будущих поколений жизненно необходимые блага. С этой целью применяются счетчики. Они позволяют бесперебойно контролировать израсходование ресурсов, а также существенно экономить денежные средства.

*Измерение расхода воды имеет широкий спектр применения, включая:* мониторинг и управление системами водоснабжения и водораспределения; измерение потребления воды для выставления коммерческих счетов; управление и мониторинг промышленных процессов, использующих воду; измерение расхода воды в ирригационных системах и водотоках; измерение расхода сточных вод, технологических и канализационных стоков; экологический мониторинг количества и качества воды в природных водотоках [1].

Существует **несколько типов расходомеров**, которые могут быть использованы для измерения расхода воды, в том числе:

**Турбинные расходомеры.** Эти простейшие по конструкции расходомеры фактически измеряют количество оборотов датчика турбинного типа скорость жидкости, которое пропорционально расходу этой жидкости. Турбинные расходомеры подходят для тех случаев, когда скорость потока постоянна, относительно высока, жидкость не загрязнена посторонними включениями, свойства жидкости постоянны, а водовод имеет незначительный диаметр.

**Расходомеры дифференциального давления:** Эти расходомеры измеряют перепад давления через препятствие специальной формы, установленное в потоке, который пропорционален расходу. Расходомеры дифференциального давления подходят для тех случаев, когда расход относительно невелик, а свойства жидкости постоянны.

**Вихревые расходомеры:** Эти расходомеры измеряют частоту гидродинамических завихрений, создаваемых потоком воды, обтекающим препятствие особой формы, установленное в расходомере. Эта частота пропорциональна скорости потока, что позволяет расходомеру точно

измерять объемный расход воды. Вихревые расходомеры подходят для тех случаев, когда скорость потока относительно постоянна и высока, свойства жидкости постоянны, электропроводность среды может быть низка или отсутствовать вовсе (пример: осветленная вода).

*Электромагнитные расходомеры:* Эти расходомеры используют принцип электромагнитной индукции для измерения скорости потока воды в трубе. Расходомер состоит из магнитной системы, создающей электромагнитное поле и датчиков, посредством которых снимается электродвижущая сила, генерируемая электропроводящей жидкостью, протекающей в созданном электромагнитном поле. Расход среды измерения пропорционален снятой датчиками ЭДС. Электромагнитные расходомеры подходят для тех случаев, когда жидкость является электропроводящей, такой как обычная вода, т. е. в отличие от дистиллированной (пример: паровой конденсат), содержащей естественные примеси солей  $x$  [1].

Рассмотрим в статье ультразвуковой расходомер-счетчик «Взлет МР».

Ультразвуковой расходомер-счетчик «Взлет МР» предназначен для учета воды. Эксплуатация расходомера должна производиться в условиях не превышающих допустимых значений. Для управления расходомером используется многоуровневая система управления и индикация.

Технические характеристики. Расходомер-счетчик ультразвуковой многоканальный УРСВ «Взлет МР» исполнения УРСВ-5х предназначен для измерения среднего объемного расхода и объема реверсивных потоков различных жидкостей (горячей, холодной, сточных вод, кислот, щелочных продуктов и т. д.) в одном или нескольких напорных трубопроводах в различных условиях эксплуатации, в том числе со взрывоопасных зон.

Расходомер может применяться в энергетике, коммунальной, нефтегазовой, химической, пищевой и других отраслях.

С накладными преобразователями электроакустический расходомер «Взлет МР» может использоваться для измерения расхода для пищевых продуктов: безалкогольных негазированных напитков), алкогольных напитков, молочных продуктов, кетчупов, растворов пищевых и т. д.

Расходомеры-счетчики ультразвуковые многоканальные УРСВ «Взлет МР» исполнения УРСВ-5х обеспечивают:

- измерение среднего объемного расхода жидкости по измерению для любого направления потока;

- определение объема жидкости нарастающим итогом прямого и обратного направления потока и их алгебраической суммой направления потока для каждого канала измерения;
- определение текущего значения скорости и направления жидкости по каждому каналу;
- дозирование предварительно заданного значения объема, дозирование в режиме «старт-стоп» и определение при этом дозы, времени накопления и среднего значения расхода;
- индикацию на дисплее, а также вывод результатов измерения токового и частотно-импульсных сигналов;
- архивирование в энергозависимой памяти результатов и установочных параметров;
- индикацию на дисплее, а также вывод измерительной, установочной, архивной и т. п. информации через последовательный и RS-232 или RS-485;
- возможность программного ввода установочных параметров, индивидуальных особенностей и характеристик объекта измерения;
- автоматический контроль и индикацию наличия нештатных ситуаций и отказов, а также запись в соответствующие журналы, их вид и длительность;
- защиту архивных и установочных данных от несанкционированного доступа [2–4].

Основные технические характеристики расходомера приведены в табл. 1.

Таблица 1. Основные тематические характеристики расходомера «Взлет МР»

Наименование параметра	Значение параметра	Примечание
Количество каналов измерения-	1-4	По заказу
Диаметр условного прохода трубопровода, D, мм	10-5000	
Температура измеряемой жидкости, С	Минус 30-160	
Наибольшее давление в трубопроводе, МПа	2,5	
Напряжение питания, Гц	(29-39)/ (176-242) В (49-51)	
Потребляемая мощность, ВА	не более 20	
Средняя наработка на отказ, ч	75000	
Средний срок службы, лет	12	

Ультразвуковые счетчики зондируют поток веществ в трубопроводе акустическими сигналами и по изменению указанных сигналов оце-

нивают скорость потока. Иные характеристики потока (объемный расход, объем за заданный интервал времени) счетчики вычисляют, исходя из внутреннего диаметра трубопровода. Преимущества ультразвуковых счетчиков состоят в широком диапазоне рабочих расходов (100:1 и более), высокой точности измерений (относительная погрешность 0,25–1,0 %), а также в низком падении давления на счетчике, поскольку его измерительный участок, как правило, представляет собой отрезок трубопровода без выступающих внутрь деталей.

Счетчики состоят из электронного блока и одной или нескольких пар ультразвуковых преобразователей (датчиков), размещаемых специальным образом на трубопроводе. Датчики работоспособны в широком температурном диапазоне, поэтому могут эксплуатироваться как в помещениях, так и на открытом воздухе.

Эксплуатационные ограничения в применении расходомера. Эксплуатация расходомера должна производиться в условиях воздействующих факторов и параметров контролируемой среды, не превышающих допустимых значений, оговоренных в технической документации.

Точная и надежная работа расходомера обеспечивается при выполнении при выполнении в месте установки измерительного участка (ИУ) следующих условий:

- давление жидкости в трубопроводе и режимы его эксплуатации должны исключать газообразование и/или скопление воздух; перед первым преобразователем электроакустическим (ПЭА) и за последние ПЭА по потоку жидкости должны быть обеспечены прямолинейные участки с  $D_u$ , равным  $D_u$  измерительного участка, длина которых должна быть не меньше указанной в инструкции по монтажу. Длина прямолинейного участка зависит от схемы зондирования потока и вида гидравлического сопротивления за пределом прямолинейного участка и может составлять от 10 до 40  $D_u$ , перед первым по потоку ПЭА и от 1 до 15  $D_u$  – за последние ПЭА. Прямолинейные участки не должны содержать устройств или элементов конструкции, вызывающих возмущения потока жидкости;

- в процессе эксплуатации не должно образовываться отложений, осадков, накипи, приводящих к изменению внутреннего диаметра измерительного участка или акустических свойств стенки трубопровода;

- внутренний калук н

На месте установки вторичного измерительного преобразователя (ВП) должна быть обеспечена возможность подключения к магистрали защитного заземления (зануления) расходомера.

Требования к условиям эксплуатации и выбору места монтажа, приведенные в эксплуатационной документации (ЭД), учитывают наиболее типичные факторы, влияющие на работу расходомера.

На объекте эксплуатации могут существовать или возникнуть в процессе его эксплуатации факторы, не поддающиеся предварительному прогнозу, оценке или проверке, и которые производитель не мог учесть при разработке.

В случае проявления подобных факторов следует найти иное место эксплуатации, где данные факторы отсутствуют или не оказывают влияния на работу изделия.

Управление расходомером «Взлет МР». Для управления расходомером используется многоуровневая система управления и индикации, состоящая из меню и окон разного уровня.

Состав и структура системы индикации и ее возможности определяются режимом управления, в котором находится расходомер.

Режим управления – это уровень доступа к информации и возможности изменения параметров функционирования расходомера.

Режим управления задается комбинацией наличия/отсутствия замыкания с помощью перемычек контактных пар J3 и J4, расположенных на встроенном модуле «RS-232 / RS-485 / универсальный выход). Доступ к контактным парам на собранном субблоке обработки данных осуществляется со стороны, противоположной лицевой панели субблока.

Соответствие комбинаций режимам управления приведено в табл. 2, где «+» – наличие замыкания контактной пары, а «-» – отсутствие замыкания.

Замыкание контактной пары пар J3 разрешает модификацию калибровочных параметров, контактной пары J4 – функциональных параметров расходомера.

Таблица 2. Режим управления расходомером

Режим управления	Контактная пара		Назначения режима
Работа	-	-	Эксплуатационный режим
Сервис	-	-	Режим
Настройка	+	-	Режим настройки, юстировки и поверки

Индикация на жидкокристаллическом индикаторе (ЖКИ) состоит из наименования меню (окна), располагающегося неподвижно в первой строке дисплея ЖКИ, и наименований пунктов меню (параметров), которые могут смещаться вверх или вниз.

Одновременно на дисплее может индцироваться не более 3 строк пунктов меню (параметров) из списка.

Поэтому в начале первой и последней строки на дисплее могут располагаться указатели направления прокрутки в виде треугольников, вершины которых направлены в стороны возможного перемещения по строкам.

При переходе в меню (окно) нижнего уровня курсор устанавливается напротив первого пункта меню (параметра окна).

После начала прокрутки списка курсор устанавливается между верхним и нижним указателям направления прокрутки. При выборе первого (последнего) пункта меню из списка курсор перемещается на место верхнего (нижнего) указателя прокрутки.

После включения питания расходомера производится самоконтроль прибора, на дисплее индицируется информация о приборе и версия программного значение расхода, измеряемое в первом канале. Введенный в эксплуатацию расходомер работает непрерывно в автоматическом режиме.

Считывание текущих значений измеряемых параметров, а также содержимого архивов и журналов может осуществляться с дисплея прибора.

Работа пользователя с расходомером может осуществляться либо с помощью клавиатуры и дисплея, либо с помощью персональных компьютера.

Перенос значений архивируемых параметров может осуществляться:

- на персональный компьютер при непосредственном его подключении к разъему RS-232 (RS-485) ВП или через модем, подключаемый к разъему RS-232 ВП по телефонной линии связи;

- на архивный считыватель данных, подключаемый к разъему RS-232.

Ультразвуковые расходомеры производства обеспечивают измерение расхода жидкости в трубопроводах, работающих под давлением и в самотечных.

Расходомеры представляют собой группу многоканальных и многолучевых расходомеров и обеспечивают измерение расхода в трубопроводах с диаметром условного прохода от 200 до 4000 мм.

Многоканальные расходомеры типа УРСВ-510, 520, 530 и 540 реализуют измерение в одном, двух, трех, четырех трубопроводах, соответственно индицируя информацию о расходе на одном вторичном блоке с указанием номера канала. Такие расходомеры обеспечивают точность измерения расхода от 1 до 1,5 %.

Применяя четырехлучевой расходомер УРСВ-544, повышают точность измерения до значения по зависимости:

$$\delta = \pm (0,25 + 0,1 / v).$$

При отказе одного из каналов (лучей) измерения многолучевые расходомеры продолжают работать как однолучевой расходомер, повышая таким образом его эксплуатационную надежность. Электроакустические преобразователи расходомеров (ПЭА) могут быть выполнены в виде накладных датчиков, установка которых требует остановки и опорожнения трубопровода. Однако, установка таких преобразователей на старых трубопроводах (со значительными положениями на внутренних стенках) не рекомендуется.

Врезные ПЭА устанавливаются в отверстия в стенке трубопровода, таким образом, чтобы излучающая плоскость ПЭА контактировала с контролируемой жидкостью. Врезные ПЭА устанавливаются в отверстия в стенке трубопровода таким образом, чтобы излучающая плоскость ПЭА контактировала с контролируемой жидкостью. Врезные ПЭА герметизированы, остановка и опустошение трубопровода необходимы только при проведении монтажных работ.

Расходомеры имеют помехозащищенное, взрывобезопасное и морозоустойчивое исполнение. Уровень взрывозащиты – «особо взрывобезопасный». Вид взрывозащиты – «искробезопасный». Вид взрывозащиты – «искробезопасная электрическая цепь».

При морозоустойчивом исполнении расходомер может эксплуатироваться от минус 40 °С.

Расходомер «Взлет РСЛ» позволяет формировать релейные сигналы, обеспечивающие коммутацию цепей постоянного тока до 10 мА напряжением до 30 В на 8 дискретных выходах, которые могут программироваться на любое значение уровня при заказе или устанавливается пользователем самостоятельно. Условия замыкания электронных ключей релейных выходов программируются на превышение заданного уровня или на понижение уровня ниже заданного.

При использовании «Взлет МР» в составе информационных систем применяется интерфейс Internet.

Обе группы расходомеров имеют часовые, суточные и месячные архивы, которые заполняются отдельно для каждого канала. Все архивы имеют одинаковые структуры. Для переноса данных на бумажный носитель применяются адаптер переноса данных АСДВ-020 в комплекте с сертифицированным программным обеспечением, позволяющим ведение диспетчерского режима.

Сбор, архивирование, индикация и вывод измерительной информации через последовательный интерфейс RS-232 (RS-485), а также защита архивных и установочных данных от несанкционированного доступа на узлах учета осуществляется с помощью вычислителя-регистратора «Взлет ТСРВ» (исполнение ТСРВ-022).

Передача информации с узлов учета в диспетчерскую службу осуществляется по каналам цифровой сотовой сети стандарта GSM на основе GPRS-услуги, предоставляемой оператором сотовой сети («МТС»), при помощи адаптера сигналов «Взлет АС» (исполнение АССВ-030 адаптера сотовой связи), где данная информация обрабатывается и принимается решение о водораспределении.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Расходомеры воды (водомеры). – URL: <https://izmerkon.ru/podderzhka/publikaczi/ras-xodomeryi-vodyi.html> (дата обращения: 13.02.2025).
2. Расходомер-счетчик ультразвуковой УРСВ «Взлет МР» // Руководство по эксплуатации, Санкт-Петербург. – 67 с. URL: <https://www.elta-tsp.com/> (дата обращения 25.01.2025).
3. Кремлевский, Пантелеймон Петрович. Расходомеры и счётчики количества веществ : Справочник / П. П. Кремлевский; под общ. ред. Е.А. Шорникова. Расходомеры переменного перепада давления, расходомеры переменного уровня, тахометрические расходомеры и счётчики / 22 см. – Санкт-Петербург : Политехника, 2002. – 408 с.
4. Научно-технический отчет по теме «Разработка автоматизированной системы учета водоподачи потребителям в составе ассоциации водопользователей» (промежуточный). Кыргыз НИИ ирригации, Бишкек, 2008.
5. Шабловский, В. И. Автоматизированная система учета водоподачи потребителям в составе ассоциации водопользователей» / В. И. Шабловский, Е. Г. Поляк // Вестник КАУ. – № 1 (9). – Бишкек, 2008.
6. Распределение оросительной воды на уровне АВП. Руководство для специалистов водного хозяйства и ассоциаций водопользователей. № 2. IWMI, НИЦ МКБК, Ташкент, 2006.
7. Методика распределения воды по времени. Практическое руководство для работников АВП и специалистов внутрихозяйственных оросительных сетей Центральной Азии. IWMI, Ташкент, 2004

## ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ НА ЗАНЯТИЯХ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА»

С. Л. ВАСИЛЬКОВА, ст. преподаватель

М. И. ПАПСУЕВА, ст. преподаватель

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
Горки, Республика Беларусь

**Аннотация:** В статье рассматривается роль прикладных задач в подготовке высококвалифицированных специалистов, приводятся примеры задач, которые могут использоваться на занятиях по дисциплине «Высшая математика».

**Ключевые слова:** математика, прикладные задачи, высшее образование, подготовка специалистов, профессиональная деятельность.

**Summary:** In the article, the effect of the role of applied problems in the training of highly qualified specialists is given in examples of problems that can be used in classes in the discipline “Higher Mathematics”.

**Keywords:** mathematics, applied problems, higher education, specialist training, professional activity.

**Объект исследования:** объектом исследования являются задачи с профессиональным содержанием, или прикладные задачи.

**Актуальность:** Прикладные задачи играют большую роль в подготовке высококвалифицированных специалистов, потому что они развивают логику и мышление, показывают важную роль математики, ее законов и методов в развитии науки и техники, готовят студентов к профессиональной деятельности.

**Цель исследования** – изучить возможность использования прикладных задач на занятиях по дисциплине «Высшая математика».

**Методы исследования:** метод анализа, описания.

Как известно, математика как наука возникла из непосредственных запросов практики человеческого общества, и ее дальнейшее формирование происходило под влиянием запросов практики математического естествознания. В жизни современного общества математика играет все большую роль, в наше время она стала не только универсальным языком науки, но и мощным методом научного исследования [1].

История математики, насчитывающая не одно столетие, свидетельствует о неразрывной связи математических теорий и научных проблем. Поэтому в системе современного высшего образования большое внимание уделяется задачам с профессиональным содержанием. Задачи с профессиональным содержанием, или прикладные задачи, – это такие математические задачи, решение которых используется в профессиональной деятельности и в смежных дисциплинах.

Иначе говоря, в прикладных задачах описываются реальные ситуации или проблемы, возникающие в различных областях науки или техники, например, в экономике, в медицине, в биологических, инженерных и социальных науках. Решение таких профессиональных проблем возможно с помощью математических методов, и, конечно, для решения прикладных задач студенты должны изучать такие области математики, как математический анализ, дифференциальные уравнения, теория вероятностей и математическая статистика, и другие. Кроме того, студенты должны научиться обрабатывать полученные данные и делать выводы.

Прикладные задачи можно рассматривать на лекциях, практических занятиях, а также предлагать студентам для самостоятельной работы при изучении таких тем, как элементы линейной алгебры, элементы векторной алгебры, аналитическая геометрия на плоскости и в пространстве, введение в математический анализ, интегральное исчисление функций одной переменной, функции нескольких переменных и т. д.

Рассмотрим примеры прикладных задач, которые можно предложить студентам, обучающимся в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии по специальностям «Строительство зданий и сооружений», «Строительство зданий и сооружений» ССО.

**Пример 1.** Вычислить работу, которую затрачивает подъемный кран на поднятие груза массой  $m$  с поверхности Земли, радиус которой равен  $R$ , на высоту  $H$ . [2].

*Решение.* В рассматриваемом случае работа совершается под действием силы всемирного тяготения

$$F = k \frac{m \cdot M}{r^2},$$

где  $M$  – масса Земли;

$r$  – расстояние груза массой  $m$  от центра Земли;

$k$  – гравитационная постоянная.

Поскольку на поверхности Земли (при  $r = R$ )  $F = mg$ , то можем записать  $mg = k \frac{m \cdot M}{R^2}$ .

Отсюда находим  $kM = gR^2$ , а поэтому  $F = mg \frac{R^2}{r^2}$ .

Искомая работа

$$A \int_R^{R+H} F dr = \int_R^{R+H} mgR^2 \frac{dr}{r^2} = mgR^2 \left(-\frac{1}{r}\right) \Big|_R^{R+H} = mgR \frac{H}{R+H}$$

**Пример 2.** Как изменится полная поверхность закрытого цилиндрического топливного бака с радиусом основания 2 м и высотой 10 м, если радиус основания увеличить на 1 см, а высоту на 3 см?

*Решение.* Искомое изменение полной поверхности бака  $\Delta S$  приближенно равно полному дифференциалу функции

$$S = 2\pi(R^2 + RH), \quad \text{т. е.} \quad \Delta S \approx \frac{\partial S}{\partial R} \Delta R + \frac{\partial S}{\partial H} \Delta H. \quad \text{Поскольку}$$

$$\frac{\partial S}{\partial R} = 2\pi(2R + H), \quad \frac{\partial S}{\partial H} = 2\pi R, \quad \text{то} \quad \Delta S \approx 2\pi((2R + H)\Delta R + R\Delta H).$$

После подстановки значений  $R = 2$  м,  $H = 10$  м,  $\Delta R = 0,01$  м,  $\Delta H = 0,03$  м получим  $\Delta S \approx 2\pi(14 \cdot 0,01 + 2 \cdot 0,03) = 0,4\pi = 1,2566$  м<sup>2</sup>.

Таким образом, при увеличении радиуса основания на 1 см и высоты на 3 см полная поверхность закрытого цилиндрического бака увеличивается приблизительно на 1,2566 м<sup>2</sup>. Точное приращение полной поверхности бака составляет 1,2592 м<sup>2</sup>. Относительная погрешность при замене полного приращения полным дифференциалом составляет примерно 0,2 %.

**Пример 3.** При каких размерах прямоугольного бассейна данной вместимости  $V$  на облицовку его стен и дна потребуется наименьшее количество материала? Найти площадь облицовочной поверхности.

*Решение.* Бассейн имеет форму прямоугольного параллелепипеда. Обозначим его размеры через  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Поскольку объем  $V = xyz$  задан,

то  $z = \frac{V}{xy}$ . Площадь поверхности бассейна

$$S = 2(xz + yz) + xy = 2(x + y) \frac{V}{xy} + xy = 2V \left(\frac{1}{x} + \frac{1}{y}\right) + xy,$$

Задача сводится к нахождению минимума функции  $S(x, y)$ , причем по смыслу задачи  $x > 0, y > 0$ . Решая систему уравнений

$$\begin{cases} S'_x = -\frac{2V}{x^2} + y, \\ S'_y = -\frac{2V}{y^2} + x, \end{cases}$$

находим критическую точку  $x = y = \sqrt[3]{2V}$ .

Проверим выполнение достаточных условий экстремума:

$$\frac{\partial^2 S}{\partial x^2} = \frac{4V}{x^3}, \frac{\partial^2 S}{\partial x \partial y} = 1, \frac{\partial^2 S}{\partial y^2} = \frac{4V}{y^3}.$$

Следовательно,

$$A = 2, B = 1, C = 2, \Delta = AC - B^2 = 3 > 0, A > 0.$$

Функция  $S$  при  $x = y = \sqrt[3]{2V}$  имеет минимум. При этом  $z = \sqrt[3]{2V} / 2, S_{\min} = 3\sqrt[3]{4V^2}$ .

Итак, бассейн данной вместимости, на облицовку которого требуется минимальное количество материала, имеет квадратное дно и глубину, вдвое меньшую стороны квадратного дна. Площадь облицовочной поверхности  $S = 3\sqrt[3]{4V^2}$  м<sup>2</sup>.

На наш взгляд, целенаправленное внедрение в практику обучения прикладных задач ведет к повышению качества математических знаний, повышению уровня обучаемости, мотивации к изучению математики, т. е. формирует профессиональную компетентность студентов и магистрантов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Чепелев, Н. И. Математическое образование будущего инженера: проблемы и их решения / Н. И. Чепелев // Инновационные технологии и образование: международная научно-практическая конференция, 29–30 апреля 2021 г.: в 2 ч. / Белорусский национальный технический университет; редкол.: А. М. Маляревич (гл. ред.) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2021. – Ч. 1. – С. 38–42.
2. Прикладные задачи по математике для студентов инженерных специальностей: практикум / Минобрнауки России, ОмГТУ; [сост.: Т. И. Бова, О. И. Кузьменко, И. И. Малахов]. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2018.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА  
И ЗАВИСИМОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩЕЙ  
КОМПРЕССИОННЫЕ  
СВОЙСТВА БИОГЕННЫХ ГРУНТОВ**

**Н. В. ВАСИЛЬЕВА**, доцент

**В. В. ВАСИЛЬЕВ**, доцент

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
Горки, Республика Беларусь

**Аннотация:** целью исследований являлось определение фазового состава и зависимости, характеризующей компрессионные свойства биогенных грунтов.

В статье приведена методика расчета фазового состава биогенных грунтов и компрессионная зависимость, полученная аналитическим путем, которая позволяет рассчитать физические показатели этих грунтов без проведения длительных лабораторных испытаний образцов.

**Ключевые слова:** биогенный грунт, фазовый состав, минеральная и органическая составляющие, компрессионная зависимость, коэффициент пористости.

**Summary:** the purpose of the research was to determine the phase composition and dependence characterizing the compression properties of biogenic soils.

The article presents a method for calculating the phase composition of biogenic soils and the compression dependence obtained analytically, which allows us to calculate the physical parameters of these soils without conducting long-term laboratory tests of samples.

**Keywords:** biogenic soil, phase composition, mineral and organic components, compression dependence, porosity coefficient.

**Введение.** Биогенный грунт состоит из разнообразных элементов, объединенных в три группы: твердые частицы, вода в различных видах и состояниях, газообразные включения. Кроме того, он состоит из минеральной и органической соединений, влияющих на его физические свойства. По условиям образования во времени эти грунты неоднород-

ны. Они различны по составу, строению, генезису, состоянию и поэтому, чтобы использовать их в качестве материала для возведения сооружений или основания под них необходимо выполнять большое количество определений показателей их свойств в условиях естественного залегания или по образцам естественной ненарушенной структуры. Биогенные грунты, как и другие виды грунтов, входящие в уравнение механики грунтов требуют определение трех основных показателей: плотность ( $\gamma$ ), естественную влажность ( $W$ ), плотность твердой фазы ( $\gamma_s$ ), а для установления типа биогенного грунта, необходимо знать и значение зольности ( $Z$ ).

**Цель работы** – определение фазового состава и расчетным путем получение зависимости, характеризующей компрессионные свойства биогенных грунтов.

**Материалы, методика и результаты исследований и их обсуждения.** Биогенные грунты в общем случае рассматриваются как трехфазная система, состоящая из твердого вещества, называемого скелетом, жидкой фазы (воды) и газовой фазы (воздуха и заземленных газов). Промежутки между частицами твердой фазы – поры могут пронизывать массу грунта в различных направлениях в виде капилляров, щелей или замкнутых пространств различной формы и размеров. В естественном состоянии они характеризуются высокой влажностью и пористостью. В результате анализа опытных данных водонасыщенных биогенных грунтов ниже уровня грунтовых вод и в зоне капиллярного насыщения, содержанием заземленного в них воздуха и газов можно пренебречь. В связи с этим такие грунты можно рассматривать как полностью водонасыщенными и расчетным путем получить теоретические зависимости между показателями физических свойств. Все биогенные грунты состоят из минеральной и органической составляющей и характер процессов, происходящих при уплотнении органической составляющей всех видов биогенных грунтов идентичен, то была высказана гипотеза, что целесообразнее связи между показателями компрессионных свойств искать отдельно для органической и минеральной составляющих. Специфика биогенных грунтов такова, при большой влажности (пористости) практически твердый состав образца мало влияет на значения показателей, потому что определяющим является влажность. Поэтому во всех образцах было произведено разделение на органическую и минеральную составляющие.

Кроме того, в единице объема исследуемых образцов для подавляющего большинства биогенных грунтов их минеральная составляющая

занимает несопоставимо малый, в сравнении с органической составляющей объём. Её сжимаемость так же несопоставимо мала, и поэтому сжимаемостью минеральной составляющей можно пренебречь. В структуре грунта минеральная составляющая биогенных грунтов, как показывают исследования способна связать и удерживать значительно меньшее количество воды, чем органическая. В связи с этим можно сделать вывод, что связь между параметрами свойств биогенного грунта, следует устанавливать отдельно как для минеральной, так и органической составляющих.

Объём образца биогенного грунта в водонасыщенном состоянии состоит:

$$V_{\text{обр}} = V_{\text{орг}} + V_{\text{мин}} + V_{\text{в}},$$

где  $V_{\text{обр}}$  – объём образца;

$V_{\text{орг}}$  – объём органической составляющей;

$V_{\text{мин}}$  – объём минеральной составляющей;

$V_{\text{в}}$  – объём воды.

Образец биогенного грунта:

торф древесно-осоковый  $R = 45 \%$ ,

влажность  $W = 205 \%$ ,

зольность  $Z = 21,56$ ,

плотность твердой фазы  $\gamma_s = 1,67 \text{ г/см}^3$ ,

коэффициент пористости  $\varepsilon_0 = 3,43$ .

Для определения фазового состава образца определяем:

Плотность скелета грунта

$$\gamma_d = \frac{1}{0,01W + \frac{1}{\gamma_s}} = 0,3775 \text{ г/см}^3.$$

Плотность грунта в образце тогда будет равна:

$$\gamma = \gamma_d(0,01W + 1) = 1,1515 \text{ г/см}^3.$$

Объём образца в компрессионном кольце равен:

$$V_{\text{обр}} = F \cdot h = 25,5 \cdot 2,08 = 53,04 \text{ см}^3,$$

где  $h$  – начальная высота образца,  $h = 2,08 \text{ см}$ ;

$F$  – площадь образца,  $F = 25,5 \text{ см}^2$ .

Масса образца равна

$$P_{\text{обр.}} = \gamma \cdot V_{\text{обр.}} = 1,1515 \cdot 53,04 = 61,076 \text{ г.}$$

Объём твердой фазы образца:

$$m = \frac{\gamma_d}{\gamma_s} = \frac{0,3775}{1,67} = 0,2260.$$

Объём пор:

$$n = 1 - m, n = 1 - 0,2260 = 0,7740.$$

Масса воды в образце равна:

$$P_{\text{в}} = V_{\text{обр.}} \cdot n \cdot \gamma_{\text{в}} = 53,04 \cdot 0,7740 \cdot 1,0 = 41,053 \text{ г,}$$

где  $\gamma_{\text{в}} = 1,0 \text{ г/см}^3$  – плотность воды.

Масса твердой фазы образца:

$$P_{\text{т.ф}} = P_{\text{обр.}} - P_{\text{в}} = 61,076 - 41,053 = 20,023 \text{ г.}$$

Твердая фаза образца состоит из минеральной и органической составляющих:

$$P_{\text{т.ф.}} = P_{\text{мин}} + P_{\text{орг.}}$$

Масса минеральной составляющей образца равна:

$$P_{\text{мин}} = \frac{P_{\text{т.ф.}} \cdot Z}{100} = \frac{20,023 \cdot 21,56}{100} = 4,317 \text{ г.}$$

Масса органической составляющей образца составит:

$$P_{\text{орг}} = P_{\text{т.ф.}} - P_{\text{мин}} = 20,023 - 4,317 = 15,706 \text{ г.}$$

Объём твердой фазы образца будет равен:

$$V_{\text{тв.ф.}} = V_{\text{обр.}} \cdot m = 53,04 \cdot 0,226 = 11,987 \text{ см}^3.$$

Объём воды в образце составит:

$$V_{\text{в}} = V_{\text{обр.}} - V_{\text{тв.ф.}} = 53,04 - 11,987 = 41,053 \text{ см}^3.$$

Как видно из расчётов, минеральная и органическая составляющая в образце способны связать определенное количество воды, величина которой не определена, потому что не определена как влажность этих составляющих, так и плотность твердой фазы их. Так как

минеральная составляющая способна связать в своей структуре несопоставимо меньшее количество воды, чем органическая, то представляет интерес: сколько воды может быть связано минеральной составляющей и какова её плотность?

Плотность твердой фазы минеральной составляющей зависит от породообразующих минералов и химических элементов. Изменяется этот показатель в достаточно узком диапазоне, поэтому, задаваясь различными значениями плотности минеральной составляющей  $\gamma_s$  и ее влажности  $W_{\text{мин}}$ , можно проанализировать какое количество воды может быть связано минеральной составляющей  $P_{\text{в}}^{\text{мин}}$  и вычислить ее характеристики.

$$P_{\text{в}}^{\text{мин}} = \frac{P_{\text{мин}} \cdot W_{\text{мин}}}{100}$$

При анализе других показателей физических свойств, полученных при расчете минеральной составляющей можно заключить, что в качестве наиболее вероятных значений плотности минеральной составляющей ( $\gamma_s$ ) и соответственно влажности ( $W_{\text{мин}}$ ) можно принять соответственно численные значения плотности – 2,7 г/см, а влажности – 20 %. При других значениях показатели свойств минеральной составляющей выходят за возможные пределы показателей минеральных грунтов аналогичного механического состава.

Количество воды, связанное минеральной составляющей в образце, составит:

$$P_{\text{в}}^{\text{мин}} = \frac{P_{\text{мин}} \cdot W_{\text{мин}}}{100} = \frac{4,317 \cdot 20}{100} = 0,863 \text{ г.}$$

Следовательно, при принятых значениях параметров объем минеральной составляющей для рассматриваемого образца равен:

$$V_{\text{мин}} = \frac{P_{\text{мин}}}{\gamma_{\text{мин}}} = \frac{4,317}{2,1} = 2,056 \text{ см}^3.$$

Высота минеральной составляющей в образце составит

$$h_{\text{мин}} = \frac{V_{\text{мин}}}{F} = \frac{4,317}{25,5} = 0,081 \text{ см.}$$

Как показывает расчёт, объём минеральной составляющей в образце, составляет  $2,056 \text{ см}^3$ , а объём образца  $V_{\text{обр}} = 53,04 \text{ см}^3$ , поэтому при расчете сжимаемости ею можно пренебречь. Считать, что грунт образца состоит только из органической составляющей и воды, но количество связанной органической составляющей воды будет при этом большим, чем в исходном образце. При определении содержания воды в образце было принято, что минеральная и органическая составляющие в равной степени связывают какое-то количество воды, а фактически, как следует из приведенного расчета, что это не так.

Масса воды, связанная органической составляющей, будет равна:

$$P_{\text{в}}^{\text{орг}} = P_{\text{в}} - P_{\text{в}}^{\text{мин}} = 41,053 - 0,863 = 40,190 \text{ г.}$$

Влажность органической составляющей имеет значение

$$W_{\text{орг}} = \frac{P_{\text{в}}^{\text{орг}} \cdot 100}{P_{\text{орг}}} = \frac{40,190 \cdot 100}{75,706} = 255,89 \% .$$

Плотность твердой фазы органической составляющей также не определена, поэтому задаваясь различными значениями плотности органической составляющей рассчитаем показатели её физических свойств. При значениях  $\gamma_s < 1,5 \text{ г/см}^3$  коэффициенты пористости органической составляющей меньше или незначительно превышают коэффициент пористости образца  $\varepsilon_i = 3,43$ , поэтому плотность твердой фазы не может быть меньше, чем  $\gamma_s = 1,5 \text{ г/см}^3$ , определяем показатели физических свойств этой составляющей.

Плотность скелета органической составляющей образца равна

$$\gamma_d^{\text{орг}} = \frac{1}{0,01W + \frac{1}{\gamma_s^{\text{орг}}}} = \frac{1}{0,01 \cdot 255,89 + \frac{1}{1,5}} = 0,310 \text{ г/см}^3 .$$

Плотность органической составляющей будет равна

$$\gamma_{\text{орг}} = \gamma_d^{\text{орг}} \cdot (0,01W_{\text{орг}} + 1) ;$$

$$\gamma_{\text{орг}} = 0,310 \cdot (0,01 \cdot 255,89) + 1 = 1,103 \text{ г/см}^3 .$$

Объём органической составляющей

$$V_{\text{орг}} = V_{\text{т.ф}} - V_{\text{мин}} = 11,987 - 2,056 = 9,93 \text{ см}^3 .$$

Высота органической составляющей в образце

$$h_{\text{орг}} = \frac{V_{\text{орг}}}{F} = \frac{9,931}{25,5} = 0,389 \text{ см.}$$

Коэффициент пористости органической составляющей равен

$$\varepsilon_{\text{орг}} = \frac{\gamma_s^{\text{орг}}}{\gamma_d^{\text{орг}}} - 1 = \frac{1,5}{0,310} = 3,838.$$

Коэффициент пористости образца

$$\varepsilon_{\text{орг}} = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1 = \frac{1,670}{0,3775} - 1 = 3,43.$$

При изучении свойств биогенных грунтов, как оснований сооружений является получение экспериментальным путем компрессионных характеристик (показатели сжимаемости), необходимых для определения осадки сооружений и используемых при расчете напряженно-деформируемого состояния основания. Для всех типов биогенных грунтов процесс уплотнения является длительным, учитывая при этом, что биогенные грунты характеризуются чрезвычайной пестротой свойств, как по глубине залежи, так и по площади, то даже на небольших площадках для достоверной оценки необходимо сделать большое количество определений.

Учитывая, особенности реологических свойств биогенных грунтов и получения компрессионных характеристик даже для одного образца необходимо проводить испытания в лабораторных условиях в течение нескольких месяцев, а для некоторых видов этих грунтов и при большом количестве ступеней нагружения этот процесс может достигать года. Для сокращения времени получения компрессионных характеристик, является построение компрессионной кривой без проведения компрессионных испытаний, то есть расчетным путем.

Для получения расчетной зависимости были использованы опыты с торфами и сапропелями, которые отличаются друг от друга по коэффициенту пористости, влажности и другим показателям в условиях естественного сложения. Характер сжимаемости образцов биогенных грунтов примерно одинаков, и изменяется только степень сжимаемости в зависимости от начальной пористости образца.

Наиболее распространенным уравнением при аппроксимации экспериментальных компрессионных кривых является логарифмическое. Для всех видов биогенных грунтов зависимости в координатах

$$\frac{\varepsilon_i}{\varepsilon_0} = \frac{\varepsilon_0^\phi}{\varepsilon_0} - a_k \cdot \lg \frac{P}{P_0},$$

где  $\varepsilon_i$  – коэффициент пористости, соответствующий приложенной нагрузке  $P$ , кг/см<sup>2</sup>;

$\varepsilon_0$  – начальный коэффициент пористости;

$\varepsilon_0^\phi$  – условный (начальный) коэффициент пористости;

$a_k = \text{tg} \alpha$  – коэффициент полной компрессии (показатель сжимаемости);

$P_0$  – нагрузка, соответствующая точке пересечения скрепленного участка компрессионной кривой с осью ординат,  $P_0 = 0,1$  кг/см<sup>2</sup>.

Начальный коэффициент пористости  $\varepsilon_0$  в естественном состоянии должен находиться на оси абсцисс при значениях  $P = 0$ , который в принятых координатах расположен на  $-\infty$ . Поэтому за начальное значение коэффициента пористости принимаем некоторое условное значение  $\varepsilon_0^\phi$ , соответствующее точке пересечения прямолинейного участка компрессионной зависимости с осью ординат при  $P = 0,1$  кг/см<sup>2</sup>. Значения показателей  $\varepsilon_0^\phi$  и  $a_k$  зависят от показателей физических свойств, состава и состояния биогенных грунтов. Математическая форма связи между этими показателями получена на основе графического анализа соотношений между  $\varepsilon_0^\phi$  и  $\varepsilon_0$  и  $\varepsilon_0^\phi$  и  $a_k$  в численном выражении имеет следующее значение:

$$\varepsilon_0^\phi = 1,386\varepsilon_0^{0,8448} \text{ и } a = 0,1231\varepsilon_0^{0,5717}. \quad (1)$$

Подставляя полученные выражения в уравнение компрессионной кривой, получаем формулу для построения компрессионной кривой для биогенных грунтов в зависимости от одного параметра  $\varepsilon_0$  по традиционному подходу к анализу экспериментальных данных

$$\varepsilon_i = 1,3836\varepsilon_0^{0,845} - (0,147\varepsilon_0^{0,483})\varepsilon_0 \lg \frac{P_i}{P_0}.$$

Определение математической связи между параметрами компрессионной зависимости для органической составляющей осуществлено на основе графического анализа. В результате математической обработки получено уравнение

$$\varepsilon_{\text{орг}}^{\Phi} = 1,5005 \cdot \varepsilon_{\text{орг}}^{0,8165} \text{ и } a_{\kappa} = 0,1274 \cdot \varepsilon_{\text{орг}}^{\Phi 0,5277}.$$

Преобразуя полученные зависимости для органической составляющей, получаем уравнение компрессионной кривой

$$\varepsilon_i = 1,5\varepsilon_{\text{орг}}^{0,816} - (0,158\varepsilon_{\text{орг}}^{0,431})\varepsilon_{\text{орг}} \lg \frac{p}{p_0}. \quad (2)$$

### Выводы:

1. Биогенный грунт состоит из минеральной и органической составляющих.

2. Для практических расчетов можно принять для минеральной составляющей значение:  $\gamma_s^{\text{мин}} = 2,7 \text{ г/см}^3$ ,  $\gamma_s^{\text{орг}} = 1,5 \text{ г/см}^3$  и влажность  $W_{\text{мин}} = 20 \%$ , для органической составляющей значение плотности скелета можно принять  $\gamma_s^{\text{орг}} = 1,5 \text{ г/см}^3$ .

3. Полученная формула (1) позволяет строить компрессионную кривую в зависимости от одного параметра  $\varepsilon_0$  и формула (2) справедлива для всех видов грунтов и позволяет построить компрессионную кривую для органической составляющей в зависимости от одного параметра  $\varepsilon_{\text{орг}}$  коэффициента пористости органической составляющей при влажности и пористости грунта в естественном состоянии в диапазоне нагрузок, встречающихся в практике мелиоративного строительства.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Лысенко, М. П. Состав и физико-механические свойства грунтов / М. П. Лысенко. – М.: Недра, 1972. – 320 с.
2. Черник, П. К. Расчет фазового состава биогенных грунтов / П. К. Черник, Н. В. Васильева // Сб. науч. тр. Белорус. НИИ мелиорации и луговодства. – ТXLV. – Минск, 1998. – С. 80–88.
3. Черник, П. К. Рекомендации по инженерно-геологическим изысканиям болотных отложений под сооружениями / П. К. Черник. – Минск, 1977. – 28 с.
4. Рубинштейн, А. Я. Биогенные грунты / А. Я. Рубинштейн. – М.: Стройиздат, 1984. – 108 с.
5. Рубинштейн, А. Я. Инженерно-геологические изыскания для строительства на слабых грунтах / А. Я. Рубинштейн, Ф. С. Канаев. – М.: Стройиздат, 1984. – 108 с.

## СЖИМАЕМОСТЬ БИОГЕННЫХ ГРУНТОВ

**Н. В. ВАСИЛЬЕВА**, канд. техн. наук, доцент

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
Горки, Республика Беларусь

**Аннотация:** Изложена методика проведения компрессионных испытаний биогенных грунтов на различных ступенях нагружения, соответствующих нагрузкам биогенных грунтов, расположенных в залежи.

**Ключевые слова:** биогенный грунт, компрессионная зависимость, коэффициент пористости, осадка сооружений.

**Summary:** The method of conducting compression tests of biogenic soils at various loading stages corresponding to the loads of biogenic soils located in the ground is described.

**Keywords:** biogenic soil, compression dependence, porosity coefficient, sediment of structures.

**Введение.** Сжимаемость – это способность грунтов уменьшается в объеме под действием внешней нагрузки. Определяется в одометрах путем уплотнения образцов внешней нагрузкой без бокового расширения. Показатели, отражающие способность грунтов сжиматься, используются для осадки оснований сооружений и характера развития деформации во времени.

Уплотнение биогенного грунта сопровождается процессами перепакровки компонентов твердой составляющей, разрушением внутриклеточных, а также замкнутых полостей с высвобождением воды замкнутых, тупиковых пор и рыхлых агрегатов. При высокой влажности, когда грунт практически представляет двухфазную систему процесс уплотнения под действием сжимающих сил может произойти только при условии выдавливания воды из пор скорость уплотнения насыщенного водой грунта зависит от интенсивности выдавливания воды из пор и от ползучести скелета. Процесс уменьшения влажности (пористости) может происходить только до тех пор, пока в воде сжимаемой системы действует гидростатический напор, то есть до тех пор, пока вода воспринимает всю или какую-то часть внешней нагрузки. Когда происходит полная передача нагрузки на скелет твердой фазы, процесс изменения влажности прекращается, и дальнейшая деформация происходит лишь за счет структурных изменений самого скелета под нагрузкой.

**Задачи и цели исследований.** Биогенные грунты характеризуются высокой влажностью, большим содержанием органического вещества и, как следствие этого, малой прочностью и сильной сжимаемостью.

При рассмотрении сжатия грунта, полностью насыщенного водой, исходят из так называемого принципа не сжимаемости грунтовой массы согласно которому уплотнение происходит только за счет удаления избыточного количества воды и уменьшения пористости.

Экспериментальное изучение процесса уплотнения биогенных грунтов (торфа, сапропеля, ила) проводилось в стандартных компрессионных приборах обычного типа с гильзой  $d = 50,5$  мм и высотой 20 мм.



Рис. 1. Прибор для компрессионных испытаний

Компрессионные испытания проводились при последовательно нарастающих нагрузках: 0,005; 0,01; 0,025; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 МПа.

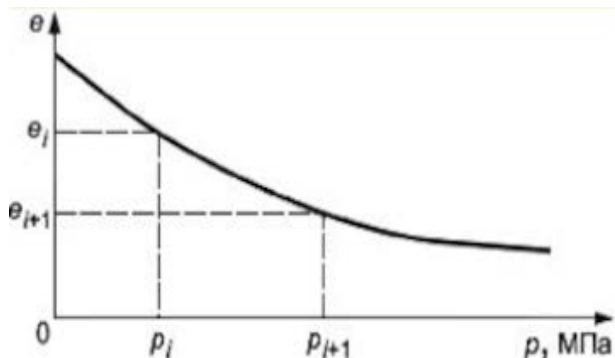


Рис. 2. Компрессионная кривая биогенного грунта

Наибольшей сжимаемостью отличается торф малой степени разложения, имеющий высокую пористость до уплотнения (коэффициент пористости  $\epsilon$  доходит до 25 и более). Под нагрузкой  $P = G = 0,01$  Мпа коэффициент пористости торфа малой степени разложения уменьшается почти вдвое в то время как у торфа высокой степени разложения ( $R = 40\%$ ) снижения коэффициента пористости составляет только 1–2 единицы ( $\epsilon = 7-10$  до  $\epsilon = 6-8$ ). В отличие от минеральных грунтов торф представляет собой пространственный каркас, состоящий из волокон неразложившихся остатков. Этот каркас составляет обычно 60–95 % всех твердых частиц.

У биогенных грунтов (торфа) низкой степени разложения на компрессионной кривой можно выделить три стадии процесса уплотнения. Приложение внимательно небольших нагрузок на первом этапе вызывает резкое уменьшение коэффициента пористости. Сжатие торфа в этом случае связано со значительным уменьшением размеров пор. В дальнейшем интенсивность уплотнение торфа снижается. Уменьшение размеров пор на этом этапе сжатия систем уже не такое резкое, как на первом. Снижение интенсивности уплотнения в этом случае связано как с возрастающим сопротивлением деформированию каркаса структур твердого вещества, так и с некоторым сопротивлением передвижению жидкости в пористой среде из-за уменьшения водопроницаемости генного грунта. На заключительной стадии уплотнения размеры водопроводящих каналов снижаются до таких размеров, что отжатие воды из биогенного грунта становится затруднительным, а при довольно значительных нагрузках почти прекращается. Эта фаза уплотнения характеризуется дальнейшим разрушением элементов структур биогенного грунта. Сжимаемость одного и того же биогенного грунта может резко различаться в зависимости от степени нарушенности его структуры. При равной начальной пористости и влажности, и одинаковом составе воды образцы с нарушенной структурой сжимаются больше. Как показывают опыты, увеличение степени и скорости нарастания нагрузки увеличивают сжатие торфа.

Скорость сжатия торфа зависит от его влажности. При полном насыщении образца водой скорость сжатия до известной степени определяется водопроницаемостью биогенного грунта. При малых значениях коэффициента фильтрации и большой толщине сжимаемого слоя процесс уплотнения может длиться многие годы. Компрессионное уплотнение биогенного грунта протекает в две фазы. Деформация первой фазы, называемой фазой уплотнения (консолидации), соответ-

ствуется фильтрационному оттоку воды: она протекает быстро и составляет 80–95 % от общей деформации. Во второй фазе деформации, обусловленные ползучестью скелета биогенного грунта (вязким перемещением его структурных элементов), происходят медленно. В процессе уплотнения обе эти фазы выделяются нечетко. Разрушение структуры биогенных грунтов происходит при относительной деформации, равной 45–55 %.

Сапропели представляют собой двухфазную систему, в которой дисперсной фазой является вещество сапропеля, а дисперсной средой – вода. Результаты испытаний свидетельствуют, что сапропели сильно сжимаемые. При нагрузке  $P = 0,3$  МПа влажность сапропелей уменьшается от 705–1787 % до 119–213 %, а средняя плотность скелета возрастает в 2,9–6,8 раза. Наибольшее сжатие происходит на первых ступенях нагрузок. Консолидация грунта, соответствующая 70–90 % от полной осадки, отмечается через 20–30 часов после приложения нагрузки. Более высокая сжимаемость сапропелей по сравнению с торфом (при одинаковой пористости), очевидно обусловлена большой деформируемостью органической части, которая у сапропелей имеет более рыхлую и неустойчивую структуру.

Илы представляют собой слабые водонасыщенные и сильносжимаемые грунты. Интенсивное сжатие их начинается уже при нагрузках  $P = 0,001–0,005$  МПа, причем основная часть осадки завершается до нагрузки  $P = 0,1–0,12$  МПа. Показатели сжимаемости илов существенно зависят от величины действующих нагрузок. Значение сжимаемости фиксируется на первых ступенях нагрузок. После обжатия нагрузками  $P = 0,10–0,15$  МПа и более пористость илов существенно уменьшается и происходят необратимые изменения их структуры.

**Выводы.** Анализ материалов компрессионных испытаний грунтов с различным процентным содержанием органического вещества позволяют отметить ряд особенностей, присущих только заторфованным грунтам. Обнаруженная на первых ступенях загрузки образца грунта в одомере зона, ограниченная величиной давления, при которой коэффициент пористости не изменяется, и не разрушаются структурные связи в грунте, характеризует так называемую структурную прочность сжатия грунта. Для грунтов в интервале степени заторфованности  $0,1 < q < 0,45$  структурная прочность обычно не превышает  $P = 0,03$  МПа и лишь изредка достигает значений  $P = 0,045$  МПа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Васильева, Н. В. Компрессионные свойства биогенных грунтов / Н. В. Васильева // Мелиорация переувлажненных земель: сб. науч. тр. Белорус. НИИ мелиорации и луговодства. – Минск, 1997. – Т. 44. – С. 261–265.
2. Рубинштейн, А. Я. Инженерно-геологические изыскания для строительства на слабых грунтах / А. Я. Рубинштейн, Ф. С. Канаев. – М.: Стройиздат, 1984. – 108 с.
3. Рубинштейн, А. Я. Биогенные грунты / А. Я. Рубинштейн. – М.: Наука, 1986. – 87 с.
4. Сеськов, В. Е. Биогенные грунты Белоруссии и использование их в качестве оснований под здания и сооружения / В. Е. Сеськов. – Минск: БелНИИТИ, 1989. – 48 с.
5. Амарян, Я. С. исследование физико-механических свойств сапропелей / Я. С. Амарян // Торфяная промышленность. – 1979. – № 3. – С. 19–23.
6. Булычев, В. Г. Физико-механические свойства грунтов и методы их определения / В. Г. Булычев. – М.: Госстройиздат, 1980. – 140 с.

УДК 2788

### АНТИБИОТИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО, ОБЛАДАЮЩЕЕ АНТИВИРУСНЫМ И АНТИГРИБКОВЫМ ДЕЙСТВИЕМ ПРИ ЗАБОЛЕВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

**В. Х. ГАСЫМОВА**, д-р биол. наук

**Р. Ф. БАБАЕВА**, канд. биол. наук

Бакинский государственный университет,  
Баку, Азербайджан

**Аннотация:** Разработан метод защиты растений от патогенных инфекций с использованием макролидных антибиотиков. Из почвенных актиномицетов получены мембраноактивные полиеновые антибиотики (ПА) с высокой биологической активностью.

**Ключевые слова:** почвенные актиномицеты, полиеновые макролидные антибиотики, диметилсульфоксид, амфотерицин В, леворин, бислойные липидные мембраны, вирусные и грибковые заболевания растений.

**Abstract:** A method has been developed to protect plants from pathogenic infections using macrolide antibiotics. Membrane-active polyene antibiotics (PA) with high biological activity have been obtained from soil actinomycetes.

**Key words:** soil actinomycetes, polyene macrolide antibiotics, dimethyl sulfoxide, amphotericin B, levorin, bilayer lipid membranes, viral and fungal plant diseases.

Во всем мире идет поиск биологически активных соединений против растительных инфекций. Однако до сих пор не найдено ни одного препарата, который обладал бы способностью останавливать и полностью подавлять развитие вирусных и грибковых инфекций у растений. Негативное воздействие вирусов на различные растения были выявлены более ста лет тому назад.

Все виды растений, как однолетние, так и многолетние заражаются вирусами. Они вызывают большие потери. Например, сельскохозяйственная статистика показывает, что ежегодные потери урожая сахарной свеклы (до 14,5) и помидоров (до 16,0 %) вызваны вирусной и грибковой инфекцией [1]. Хотя потери и впечатляют, однако по настоящему эффективных мер борьбы с вирусными и грибковыми инфекциями растений до сих пор еще не найдено. Объектом данного исследования является поиск веществ, способных избирательно воздействовать на растительные инфекции. Исследования в этом направлении показали, что определенные полиеновые антибиотики (ПА) в комплексе с диметилсульфоксидом (ДМСО) способствуют подавлению вирусных и грибковых инфекций овощных и других видов сельскохозяйственных культур.

Данное лекарственное средство под условным названием ИНФАНВИР содержит в своем составе ДМСО и активный компонент (состав средства не приводится из-за патентных соображений). Указанное средство позволяет повысить эффективность лечения вирусных и грибковых заболеваний и полностью способствует регенерации увядших от инфекций овощных культур. Действующий активный компонент неоднороден по составу и включает два близких по химической структуре, но неидентичных по своим свойствам ароматических соединений [5].

При осуществлении способа приготовления антибиотического лекарственного средства, необходимо сначала преобразовать антибиотическое вещество из порошкообразной формы (кристаллической) в молекулярную форму. При этом достигается перевод антибиотического вещества в наиболее эффективную форму, способную впоследствии активно смешиваться с любыми другими веществами. Лекарственное средство ИНФАНВИР получается растворением 1 г порошка активного компонента с биологической активностью 25 000 ЕД/мг в 100 мл раствора ДМСО. После тщательного перемешивания полученная композиция выдерживается в течение суток в сухом, темном месте при комнатной температуре. После этого жидкость фильтруется и хранится в темном, прохладном месте.

В результате получается маточный раствор ИНФАНВИРА готовый к использованию. Указанная концентрация ИНФАНВИРА точно рассчитана, так как выше этой концентрации активный компонент в растворе ДМСО при разбавлении водой выпадает в осадок. Применение препарата при таком соотношении компонентов является высокоэффективным. Срок хранения маточного раствора ИНФАНВИРА 15 лет. 1 литр маточного раствора ИНФАНВИРА разбавляется в 100–200 литрах воды и этим раствором опрыскивается зараженная поверхность овощных культур и обрабатывается их корневая система. За счет действия лекарственного средства ИНФАНВИР на оболочки вирусов и мембраны клеток грибов происходит их лизис вследствие формирования в мембранах клеток ионных каналов молекулярных размеров [7]. Введение ДМСО обеспечивает лучшее растворение активного компонента и способствует проникновению лекарственного средства в инфицированную вирусом и грибом клетки. Антивирусный и противогрибковый эффект проявляется за счет действия на мембраны, формируя в них липид-антибиотический комплекс, которое представляет собой канальное образование молекулярных размеров, что выражается в ингибирующем влиянии препарата на репродукцию вирусов и грибковых клеток.

Лекарственное средство может быть использовано в промышленном масштабе, так как все компоненты, входящие в состав средства, допущены к использованию в медицинской и ветеринарной практике для лечения соответствующих заболеваний. Предложенное средство не токсично, безвредно, что позволяет использовать препарат при выращивании овощных и других сельскохозяйственных культур. Активный компонент представляет собой аморфный порошок желтого цвета без четкой температуры плавления. Он хорошо растворяется в ДМСО, диметилформамиде и пиридине, слабо растворяется в низших спиртах. Растворимость в спиртах увеличивается в присутствии 20–30 % воды. Не растворяется в воде, хлороформе, безводном ацетоне, диэтиловом и петролейном эфирах. Активный компонент обладает амфотерными свойствами, ионизируясь, он образует в кислой среде катион, а в щелочной – анион. По химической природе леворина А относится к группе ароматических полиеновых макролидов.

Активный компонент в комплексе с ДМСО представляет собой жидкость темно-желтого цвета, горьковатого вкуса, со специфическим запахом. Хранят в сухом темном месте при температуре 3–35 °С. Срок годности при этих условиях хранения 15 лет. Инфанвир в комплексе с ДМСО взято в концентрации в расчете 1 гр. препарата на 100 мл

ДМСО. Полученный продукт имеет светло-желтый цвет, слабый специфический запах. Перед использованием 1 литр препарата разводится в 100–200 литрах воды при комнатной температуре и затем путем опрыскивания наносится на поврежденную поверхность растений. Действие его достаточно эффективно. Для достижения необходимого результата требуется меньшее количество средства, что экономично при его использовании. Вышеуказанные преимущества в сочетании с простой схемой получения, исключающей загрязнение окружающей среды, способствуют рациональному использованию указанного выше средства, расширяют ассортимент лекарственных средств и открывают перспективу внедрения данного препарата в сельское хозяйство.

Против патогенных микроорганизмов овощных культур проведены эксперименты в тепличных помещениях, а также в открытых грунтах фирмы «AGRI BIO ECOTEN», «REAL PLUS»-РЕАЛ ПЛЮС МП», «МП АГРО», где выращиваются огурцы, помидоры, баклажаны и перец. На базах указанных фирм проведено испытание биологически активного препарата ИНФАНВИР, Препарат ИНФАНВИР создан на основе полиеновых антибиотиков (из-за патентных соображений состав препарата ИНФАНВИР не раскрывается). В основе механизма действия этого класса соединений лежит связывание их с цитоплазматическими мембранами клеток, образование в них ионных каналов, что в итоге приводит к лизису клеток. До настоящего времени не найдено ни одного препарата, который обладал бы способностью останавливать и полностью подавлять развитие инфекций у растений. С этой точки зрения актуальность проводимых исследований не вызывает никаких сомнений. Проведенные впервые исследования в тепличных помещениях, а также в открытых грунтах показали высокую эффективность действия препарата на патогенные микроорганизмы. Обработка растений, а также почвы, пораженных вирусной и грибковой инфекцией, путем опрыскивания зараженных участков раствором ИНФАНВИР из расчета 100 мл исходного раствора растворенного в 10 литрах воды при 15–35 °С приводит к полному уничтожению вирусных и грибковых инфекций. Следует отметить, что препарат ИНФАНВИР обладает способностью полностью подавлять рост вируса табачной мозаики (Tobacco mosaic virus). Необходимо отметить, что инфицированные растения после обработки препаратом ИНФАНВИР не только излечиваются, но и происходит полная регенерация растений. Более того, необработанные препаратом растения имели в 1,5–2 раза меньше цветков, чем экспериментальные. Считаем, что препарат

ИНФАНВИР может быть эффективно использован в масштабах республики как в тепличных, так и в открытых грунтах против возбудителей растительных инфекций овощных культур.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Быченко, Е. К. Эффективность некоторых антибиотиков в борьбе с болезнями овощных культур в условиях закрытого грунта. Микология и фитопатология. – 1974. – 8: 419–420.
2. Ибрагимова, В. Х. (2006 а). Физико-химические свойства и биологическая роль диметилсульфоксида в комплексе с полиеновыми антибиотиками / В. Х. Ибрагимова, И. Н. Алиева, Х. М. Касумов // Известия НАН Азербайджана (серия биологических наук). – 2006. – № 1–2: 130–151.
3. Ибрагимова, В. Х., Алиева И. Н., Касумов Х. М. Эффект макролидного гептаенового антибиотика леворина А<sub>2</sub>, вводимого с одной стороны мембраны. Биологические мембраны. – 2006. – 23(6): 493–502.
4. Ибрагимова, В. Х. Оценка влияния препарата «Инфанвир» на ряд инфекционных заболеваний овощных культур / В. Х. Ибрагимова // Успехи современного естествознания». – 2010. – № 12: 50.
5. Ibragimova V.Kh. (2010). The effect of membrane active channel-forming INFANVIR preparation on pathogenic infections of vegetable plants – Das internationale symposium Ekologishe technologishe und rechtliche aspekte der lebensversorgung .Ganover, 43.
6. Lewis J., Papavizas J. (1987). Biological control of plant diseases. Soil Biology. Biochem., 191(2): 114.
7. Patent US 3996347. (1976). Plant virus treatment. Breslow David Samuel, Chadwick Arthur A.

УДК 620.174.22

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСЧЕТА ПРОГИБА МЕТОДОМ ИНТЕГРАЛОВ МОРА И ПРАВИЛОМ ВЕРЕЩАГИНА

**И. Д. ГУЦ,**

ст. преподаватель кафедры сельского строительства и обустройства территорий

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
Горки, Республика Беларусь

**Введение.** Выбор способа вычисления прогибов в элементах строительных конструкций напрямую связан со сложностью, а соответственно и с затратами времени на вычисление тем или иным способом. В современном мире, с появлением ЭВМ, необходимость ручного подсчета почти полностью отпала. На сегодняшний момент существует множество электронных расчетных приложений, которые моментально производят вычисления прогиба любой стандартной строительной

конструкции. Однако в любой программе есть ограничения при построении заданной системы строительной конструкции, при возникновении которых, расчетные приложения бессильны. Следовательно, возникает необходимость в ручном подсчете.

**Цель работы** – сравнить сложность и возможные ограничения расчетов прогиба при помощи интеграла Мора и правила Верещагина, дать оценку целесообразности применения обоих способов.

**Материалы и методика исследований.** Сравнительно-аналитический метод, метод научного обобщения, синтез.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Наиболее распространенными способами вычисления прогибов строительных конструкций является составление интеграла Мора и упрощение интеграла Мора при помощи правила Верещагина. Рассмотрим каждый из способов в отдельности.

Для примера рассмотрим такой строительный элемент, как балка.

Поскольку балка преимущественно работает на изгиб, то формулу перемещений с соблюдением достаточной точности можно упростить, оставив только интеграл, зависящий от изгибающих моментов [1].

Составлению интеграла Мора предшествует ряд вычислений:

1. Вычерчивается идентичная заданной балка, но без приложенных внешних сил и моментов.

2. В точку нахождения прогиба прикладываем единичную силу  $F = 1$ .

3. Вычисляем реакции опор для заданной и единичной систем (если балка на 2 и более опорах).

4. Делим балку на характерные плоские сквозные сечения.

5. Составляем уравнения изгибающих моментов для обеих систем (силовой и единичной).

Для нахождения вертикального перемещения  $y$  в искомой точке балки подставляем полученные уравнения моментов для каждого из сечений в интеграл Мора. Упрощенный вид интеграла Мора (без учета поперечных и продольных внутренних усилий) запишем так:

$$y = \int_0^l \sum \left( \frac{M_F \cdot \bar{M}}{EI} \right) \cdot dx, \quad (1)$$

где  $EI$  – жесткость сечения балки;

$M_F$  и  $\bar{M}$  – уравнение изгибающего момента для заданной и единичной систем соответственно [2].

Данный метод позволяет рассчитывать балки любой сложности и конструктивной вариации, в том числе и с разной жесткостью балки, однако является достаточно трудоемким из-за необходимости вычисления интеграла.

Из интеграла Мора было получено упрощенное, для практического применения, правило Верещагина, удобное для большинства случаев конструктивной вариации балки. При этом вычислять интеграл не требуется, а только необходимо вычислять площадь и центр тяжести силовой и единичной эпюр [1].

Для составления интеграла Мора по правилу Верещагина, так же необходимо произвести предварительные вычисления для нахождения уравнений изгибающих моментов в сечениях. Далее в полученные уравнения подставляются пределы изменяемости сечения и строятся силовая и единичная эпюры моментов, которые делятся на простые фигуры областью предела соответствующего сечения. Затем вычисляются площади и центры тяжести простых фигур одной из эпюр (единичной или силовой), из центров тяжести опускаем перпендикуляр на вторую эпюру и находим значение ординаты в точке касания перпендикуляра.

Полученные данные подставляем в упрощенный интеграл Мора по способу перемножения эпюр:

$$y = \int_0^l \sum \frac{A_F \cdot \bar{y}_c}{EI}, \quad (2)$$

где  $A_F$  и  $\bar{y}_c$  – площадь и ордината центра тяжести соответственно [2].

Важно учесть, что ординаты  $\bar{y}$  необходимо брать только из эпюры с прямолинейным очертанием. Если силовая и единичная эпюра имеют прямолинейное очертание, то ординату можно брать с любой из них [1].

Однако у правила Верещагина наблюдается ряд условий, которые значительно усложняют вычисление прогиба:

1. Эпюра моментов от внешних сил и моментов должна иметь один знак в области, ограниченной рассматриваемым сечением, иначе необходимо разбить эпюру на несколько участков равной знаковости;

2. Единичная эпюра должна иметь вид одной прямой линии иначе необходимо делить эпюру сечения на 2 участка и находить интеграл для обоих по отдельности [3].

**Заключение.** При необходимости ручного вычисления прогибов целесообразно выбирать способ упрощённого расчета интегралов Мора по правилу Верещагина, из-за своей простоты в подсчетах и отсутствия расчета интеграла, однако при сложном очертании эпюр изгибающих моментов, возникает необходимость в нахождении большего количества составляющих уравнения, при этом расчетное уравнение интеграла Мора не меняется и является более рациональным.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дарков, А. В. Строительная механика / А. В. Дарков. – Изд. 7-е, перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1976. – 600 с.
2. Миролюбов, И. Н. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов / И. Н. Миролюбов. – М.: Высш. шк., 1974. – 392 с.
3. Биргер, И. А. Сопротивление материалов: учеб. пособие / И. А. Биргер, Р. Р. Мавлютов. – М.: Наука; Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 560 с.

УДК 693.98

## ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МОДУЛЬНЫХ ДОМОВ

**А. В. ДУБИНА,**

ст. преподаватель кафедры сельского строительства и обустройства территорий

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
Горки, Республика Беларусь

**Аннотация:** Одним из главных критериев при строительстве зданий и сооружений является скорость возведения. В данной статье рассматриваются особенности строительства быстровозводимых зданий, их преимущества и недостатки.

**Ключевые слова:** быстровозводимые здания, модульные здания, каркасно-щитовой метод, сборно-щитовой метод, метод несъемной опалубки.

**Summary:** One of the main criteria in the construction of buildings and structures is the speed of construction. In this article the features of the construction of prefabricated buildings are considered buildings, their advantages and disadvantages.

**Keywords:** prefabricated buildings, modular buildings, frame-panel method, prefabricated panel method, permanent formwork method.

Модульное строительство – одна из популярнейших в мире технологий, которая позволяет получить готовое для проживания здание за считанные месяцы. Возведение дома осуществляется за счет типовых модулей-блоков, каждый из них выполняет функции конкретного помещения: ванной, гостиной, спальни или кухни.

В нашей стране модульные элементы использовались еще в советские времена – при возведении зданий по объемно-блочной технологии. Новым этапом развития этой методики стало производство и использование модулей из дерева для малоэтажной застройки. Подобное строительство завоевало множество поклонников, однако оно имеет достоинства и «слабые стороны», которые стоит учитывать перед началом работ.

Модульные дома предназначены для всесезонного проживания. При их возведении используются утепленные секции из CLT-плит, которые имеют отличные показатели тепло- и звукоизоляции. Каждая панель окрашена в заводских условиях высококачественными лаками и красками. Такое покрытие антисептирует и защищает древесину от гниения, а также повышает устойчивость к неблагоприятным условиям окружающей среды и значительно увеличивает срок службы готовых строений.

К быстровозводимому жилищу относятся дома из специальных, в основном, некапитальных конструкций, которые позволяют построить дом в сроки, значительно меньшие, чем это предусмотрено для сопоставимых капитальных конструкций по нормам продолжительности строительства. Они не рассчитаны на последующие разборки, транспортирование и монтаж, а срок их службы может быть аналогичен сроку службы капитальных домов.

Модули изготавливаются в соответствии с современными стандартами, поэтому имеют гарантированный срок службы более 50 лет.

Существуют следующие основные технологии возведения быстровозводимых домов: каркасно-щитовые (каркасно-панельные); бескаркасные панельные (сборно-щитовые); каркасно-рамочные; каркасно-монолитные (метод несъемной опалубки); блочно-модульные.

Достоинства строительства модульных домов:

- прочность и долговечность. Благодаря качественным материалам и инновационному способу монтажа строения обладают высокой прочностью. Они с успехом эксплуатируются в любых климатических условиях;

- понятный бюджет строительства. Модульные дома максимальной заводской готовности имеют фиксированную стоимость в разных комплектациях;

- ускоренное строительство. Действительно, быстровозводимая технология во многом выигрывает у других строительных методик. В среднем, на проектирование и строительство дома по индивидуальному проекту, потребуется от 6 до 24 месяцев;

- отличная теплоизоляция. Внутреннее пространство строений хорошо изолируется от внешних факторов, что позволяет сократить энергетические затраты на отопление;

- минимальный вес. Один модуль обычно весит не более 2,5–3 т. За счет этого на время монтажа требуется всего несколько смен работы крана, что положительно сказывается на итоговой стоимости работ;

- разнообразие модификаций. Модульная технология предполагает более 100 планировочных решений с разной площадью и конфигурацией.

Планировочные и архитектурные решения модульных домов практически ничем не ограничены. За счет комбинирования модулей удается придать готовому строению любую форму и размеры.

К недостаткам относятся:

- транспортировка строения может быть дорогой, особенно, если оно имеет обширную площадь;

- этажность строений также ограничена – из-за прочностных свойств конструкции в доме возможно сделать не более 3 этажей.

Однако такие факторы нельзя считать серьезными минусами, так как достоинства зданий перевешивают их недостатки.

Возведение модульных домов базируется на трех принципах: экономичность материалов и работ; простота конструкции; скорость строительства.

Большинство модульных зданий сегодня используются для постоянного проживания на загородных участках. Многие предпочитают такой вариант жилья, так как это действительно экономично и практично. Так как в строении присутствуют коммуникации, проживание и отдых в нем комфортны. Но главный плюс – это, конечно же, минимальные сроки строительства. За счет этого не нужно длительное время арендовать другое жилье и тратить на это лишние средства.

В процессе производства модулей используются CLT-плиты, обладающие хорошими теплоизоляционными свойствами. За счет этого внутри помещений круглый год поддерживается комфортная температура. В конструкции кровли предусмотрен вентиляционный зазор, который обеспечивает защиту от конденсата. Также здание оснащается энергоберегающими стеклопакетами и вентиляцией с рекуперацией тепла.

Модульная технология открыла перспективы для строительства недорогого жилища. По этой причине люди все чаще выбирают такой ва-

риант для благоустройства дачного или загородного участка. Строения отвечают строительным стандартам и требованиям безопасности. Это дает гарантию на то, что объект будет безопасным для проживания в течение длительного времени. Этапы создания модулей проходят с соблюдением строгого контроля качества. Это тоже обеспечивает им долгий срок службы. Такие объекты конструктивно прочны. Поэтому они выдерживают различные нагрузки, включая ветер, снег, землетрясения и др.

Главным достоинством быстровозводимого здания является, конечно же, скорость возведения, не зависящая от времени года, что немаловажно. С появлением на современном строительном рынке новых материалов для внутренней и внешней отделки модулей строительство по модульной технологии постепенно вытесняет устаревшие способы капитального строительства при возведении малоэтажных зданий и сооружений. Эксперты считают, что у модульной технологии есть будущее, наряду с традиционными методами строительства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мушинский, А. Н. Строительство быстровозводимых зданий и сооружений / А. Н. Мушинский, С. С. Зимин // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 4(31). – 2015.
2. Зуева, А. В. Быстровозводимые здания и модульное строительство / А. В. Зуева // Молодой ученый. – 2016. – № 3 (107). – С. 100–103. — URL: <https://moluch.ru/archive/107/25643/>.
3. Вильман, Ю. А. Технология строительных процессов и возведение зданий. Современные прогрессивные методы / Ю. А. Вильман. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2005. – 336 с.

УДК631.67(476)

### **МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ КАК ФАКТОР ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА И УКРЕПЛЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

**В. М. ЛУКАШЕВИЧ**, канд. с.-х. наук, доцент

**В. В. ДЯТЛОВ**, канд. техн. наук, доцент

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
Горки, Республика Беларусь

**Аннотация.** В условиях Республики Беларусь природно-климатические условия оказывают особое влияние на развитие сель-

ского хозяйства. Мелиорация земель стала важнейшим фактором интенсификации всех отраслей сельскохозяйственного производства. Правильно подобранные и грамотно осуществляемые мелиоративные приемы в сочетании с высокотехнологическими агротехническими и организационно-хозяйственными мероприятиями позволяют не только существенно повысить плодородие почв, но и сохранить и даже улучшить окружающую среду.

Для земельного фонда Республики Беларусь характерна высокая степень его хозяйственной освоенности. По данным государственного земельного кадастра 2023 г., общая площадь земель страны составила 20759,8 тыс. га, из них сельскохозяйственные земли – 8944,7 (43,1 %), в том числе пахотные – 5516,4 тыс. га (26,6 %), лесные земли и земли под древесно-кустарниковой растительностью – 9065,0 (43,7 %), земли под болотами – 894,1 (4,3 %), водными объектами – 469,8 (2,3 %), под транспортными коммуникациями, земли общего пользования и под застройкой – 841,3 (4,0 %), нарушенные, неиспользуемые и иные земли – 544,9 тыс. га (2,6 %) [1].

Долгие годы приоритетным направлением государственной земельной политики являлось расширение площади сельскохозяйственных земель. В результате этого по площади этих земель на 1 жителя страны (0,92 га), в том числе пахотных (0,56 га), Республика Беларусь значительно превышает аналогичные показатели многих развитых стран Европы. Отличительной особенностью Беларуси является высокая доля осушенных земель в структуре сельскохозяйственных земель.

В середине девяностых годов прошлого столетия сложившаяся в Беларуси социально-экономическая обстановка потребовала нового концептуального подхода к развитию мелиорации земель. В связи с этим в 1994 г. была разработана и утверждена на уровне правительства современная «Концепция развития мелиорации земель и их использования в Республике Беларусь», основным направлением которой определена реконструкция технически устаревших мелиоративных систем, восстановление неработающих систем и проведение работ по их улучшению для полного удовлетворения современных требований сельскохозяйственного производства.

Начиная с этого периода, мелиорация земель в Республике Беларусь развивается в русле четкой координации и реальной поддержки государства. Начиная с 2000 г., развитие мелиорации земель осуществляется в соответствии с пятилетними республиканскими программами «Сохранение и использование мелиорированных земель».

Новым шагом укрепления мелиоративной отрасли в стране явилось принятие в июне 2008 г. Советом Республики закона «О мелиорации земель», который определяет государственное регулирование и управление в области мелиорации земель в Беларуси [2].

В настоящее время в Республике Беларусь общая площадь осушенных земель составила 3,4 млн. га, или 74 % мелиоративного фонда переувлажненных земель, требующих проведения первоочередного осушения. На мелиорированных землях производится более трети продукции растениеводства. Для многих районов республики мелиорация земель является объективной необходимостью, единственной возможностью включения в активный сельскохозяйственный оборот новых земель, потенциально более плодородных почв. Потенциальные возможности мелиорированных земель, современный уровень мелиоративного земледелия позволяют повысить их продуктивность, по меньшей мере, в 1,5 раза и превратить их в гарантированный источник получения растениеводческой и животноводческой продукции, независимо от погодных условий.

Из общего количества мелиорированных земель сельскохозяйственные земли занимают 2,91 млн. га, в том числе пахотные – 1,2 млн. га, луговые – 1,6 млн. га, лесные – 0,33 и 0,18 млн. га – другие.

Среди осушенных сельскохозяйственных земель земли с торфяными почвами занимают около 901 тыс. га, минеральные – 2014 тыс. гектаров. Проводятся работы по сокращению использования земель с торфяными почвами в качестве пахотных. Более половины осушенных сельскохозяйственных земель занимают земли с песчаными и супесчаными почвами, требующие окультуривания, а вследствие этого – более значительных затрат.

Реализация республиканской программы позволила на мелиорированных землях увеличить объемы произведенной продукции растениеводства и укрепить материально-техническую базу организаций по строительству и эксплуатации мелиоративных систем.

В феврале 2021 г. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 56 была утверждена Государственная программа «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы [3].

В основные цели данной подпрограммы входит – повышение продуктивности мелиорированных земель за счет проведения мелиоративных мероприятий и осушения высокоплодородных земель.

Для достижения этой цели определены следующие основные задачи:  
– обеспечение к 2025 г. оптимального водного режима для сельскохозяйственных растений на площади около 2,8 млн. га;

– введение в сельскохозяйственное использование мелиорированных земель на площади 34,64 тыс. га.

Основными задачами Государственной программы в области охраны почв и земель являются защита от эрозии, затопления и подтопления, загрязнения животноводческими стоками, восстановление ранее созданного потенциала осушенных земель и его увеличение, сохранение природно-ресурсного потенциала агроландшафтов и его использование в системе сельскохозяйственного производства, повышение продуктивности мелиорированных земель, их устойчивости к неблагоприятным факторам окружающей среды, разработка энерго- и ресурсосберегающих технологий выполнения работ, связанных с повышением почвенного плодородия.

Осуществление ремонтно-эксплуатационных работ на мелиоративных сетях и агромелиоративных работ на мелиорированных землях обеспечит поддержание оптимального водного режима для выращиваемых сельскохозяйственных культур на площади около 2,8 млн. га, что даст средневзвешенную прибавку урожая 9 ц к. ед. с гектара, или 25,2 млн. ц на осушенных землях. Прибавка урожая обеспечивает ежегодную окупаемость расходов на ремонтно-эксплуатационные работы и агромелиорацию.

Реконструкция мелиоративных систем на площади 421,4 тыс. га при внесении оптимальных доз удобрений обеспечит рост урожайности в 1,3–3 раза в зависимости от вида культур и исходной степени изношенности систем. При средней прибавке 20 ц к. ед. с гектара в результате реконструкции мелиоративных систем будет получено дополнительно около 8,4 млн. ц к. ед.

Особого внимания требуют мелиоративные системы, расположенные на загрязненных радионуклидами землях (432 тыс. га). Поддержание этих систем в рабочем состоянии и обеспечение благоприятного водного режима для растений уменьшат поступление радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию.

Финансовое обеспечение мероприятий Государственной подпрограммы осуществляется за счет средств, предусмотренных законодательством на финансирование мелиорации земель.

В результате реализации мероприятий Государственной подпрограммы в ближайшее время предусматривается повысить продуктивность мелиорированных пахотных земель до 5,7 т кормовых единиц с гектара, луговых земель – до 4 т к. ед. с гектара. В целом продуктивность мелиорированного гектара сельскохозяйственных земель в 2025 г. составит 4,8 т к. ед. и, таким образом значительно приблизится к уровню его потенциального плодородия.

**Заключение.** Таким образом, основой успешного развития мелиорации земель в Республике Беларусь является продуманный государственный подход, обеспечивающий планирование, финансирование и необходимый контроль всего комплекса мелиоративного строительства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический сборник. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2023. – 370 с.
2. О мелиорации земель: Закон Республики Беларусь. – № 423-З от 23 июля 2008 г.: принят Палатой представителей 24 июня 2008 г.: одобрен Советом Респ. 28 июня 2008 г. – Минск, 2008.
3. Государственная программа «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы: постановление Совета Министров Республики Беларусь № 59 от 01.02.2021 г. – Минск, 2021. – 81 с.

УДК 631.6.03

## **ОБВОДНЕНИЕ ПАСТБИЩНЫХ ТЕРРИТОРИЙ КАЗАХСТАНА ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

**Ж. З. ЖАКУПОВА**, PhD  
**Ж. Ж. ОРАЛБЕКОВА**, магистрант  
**А. А. АЛДАШ**, студент  
**Д. А. ӘЛІМҚОЖА**, студент  
**А. Қ. ӘЛТАЙ**, студент

Казахский национальный аграрный исследовательский университет,  
Алматы, Казахстан

**Аннотация:** Прогнозные параметры сельскохозяйственного производства показывают, что к 2050 г. республика будет обладать экономическим потенциалом для развития отрасли для полного удовлетворения потребностей населения страны и регионов во всех основных продуктах питания.

Регионы Республики Казахстан, расположенные в полупустынной и пустынной зонах, будут специализироваться на производстве мяса.

Поэтому необходимо создать геоинформационную базу данных и геоинформационно-аналитическую систему, направленные на решение задач устойчивого развития животноводства в условиях климатических и антропогенных изменений.

В целях обеспечения продовольственной безопасности страны в маловодные годы, при уменьшении ресурсов поверхностных вод, будут разработаны практические рекомендации по обеспечению обводнения пастбищ за счет пресных и маломинерализованных под-

земных вод. Это позволит улучшить условия для обводнения пастбищ при дефиците поверхностных источников воды для развития домашнего животноводства.

Предлагаемые технические решения по водоснабжению пастбищных территорий из подземных водных источников будут иметь ряд преимуществ по сравнению с поверхностными водами: подземные воды обладают лучшим качеством, более надежно защищены от загрязнения и контаминации, менее подвержены сезонным и долговременным колебаниям, практически не влияют на окружающую среду в процессе эксплуатации.

**Ключевые слова.** Водные ресурсы, геоинформационные и аналитические мероприятия, водоснабжение пастбищ, устойчивое развитие, домашнее животноводство, база данных, пресные, маломинерализованные, подземные воды.

**Annotation:** The forecast parameters of agricultural production show that by 2050 the republic will have the economic potential to develop the industry to fully meet the needs of the country's population and regions in all basic foodstuffs.

The regions of the Republic of Kazakhstan located in semi-desert and desert zones will specialize in meat production.

Therefore, it is necessary to create a geoinformation database and a geoinformation and analytical system aimed at solving the problems of sustainable livestock development in the face of climatic and anthropogenic changes.

In order to ensure the country's food security in low-water years, while reducing surface water resources, practical recommendations will be developed to ensure irrigation of pastures at the expense of fresh and low-mineralized groundwater. This will improve the conditions for watering pastures with a shortage of surface water sources for the development of livestock farming.

The proposed technical solutions for water supply to pasture areas from underground water sources will have a number of advantages over surface waters: groundwater is of better quality, more reliably protected from pollution and contamination, less susceptible to seasonal and long-term fluctuations, and has virtually no effect on the environment during operation.

**Keywords:** Water resources, geoinformation and analytical measures, pasture water supply, sustainable development, livestock farming, database, freshwater, low-mineralized, groundwater

В Казахстане имеется 183 млн. га естественных пастбищ, пригодных для сельскохозяйственного использования, из которых 80 % расположены в пустынных и сухих степных зонах с низким уровнем осадков и источниками поверхностных вод. По состоянию на 1 сентября 2015 г. были затоплены 147 млн. га пастбищ, на которых содержится около 21 млн. овец и коз, 6,8 млн. голов крупного рогатого скота, около 2,1 млн. лошадей и 178 тыс. верблюдов.

Общая площадь пастбищ в крестьянских и фермерских хозяйствах и других сельскохозяйственных формированиях агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 01.01.25 г. составила 164,4 млн. га, в том числе обводненных – 132,79 млн. га, из которых обводнены: трубчатыми колодцами – 39,88 % площади; шахтными колодцами – 29,9 %; водопроводные трубы – 0,74 %; каналы, каптажи и котлованы – 10,01 %; пункты наполнения водой – 3,77 % и озера – 1,4 % площади [4–7].

Шахтные и трубчатые колодцы орошают 69,8 % площади пастбищ, последние более перспективны для хозяйственно-бытового водоснабжения, имеют значительный и стабильный расход, эксплуатируются дольше, надежны в санитарно-гигиеническом отношении, и поэтому их строительство увеличивается из года в год: в 1960 г. было построено всего 149 несамостоятельных скважин, были построены дренажные колодцы, в 1965 г. – 707, в 1976 г. – 1530 и далее, их ежегодный прирост составляет не менее 1000 штук [4–7].

Однако наличие большого количества шахтных колодцев делает целесообразным их использование в ближайшие 20–30 лет [8]. Поэтому создание новых перспективных и совершенствование существующих насосных установок и водоподъемников для пастбищных колодцев и шахтных скважин является актуальной и важной народнохозяйственной задачей.

Существенное влияние на создание конструкций насосных установок оказывают природные и экономические факторы: сезонность использования пастбищ, температура окружающего воздуха, суточное потребление воды, параметры источников водоснабжения: минерализация воды, содержание в воде абразивных частиц, скорость потока, динамический уровень и внутренний диаметр скважины и стволового колодца.

Пастбищное содержание животных в Казахстане представляет собой сезонное использование массивов различной кормопроизводительности (поголовье скота) [9].

По данным В. Ф. Червинского [10], сезон использования пастбищ в Казахстане составляет: 82...166 дней зимой, 60...122 дня летом, 71...90 дней осенью и 46...77 дней весной.

Площадь орошения пастбищ в Казахстане колодцами и шахтными скважинами, в зависимости от сезона их использования, составляет: 23,48 млн. га на летних пастбищах, 35,13 млн. га на осенне-весенних пастбищах и в зимний период – 32,39 млн. га с вероятностью использования водоподъемников 25,8 %, 38,6 % и 35,6 % соответственно.

Таким образом, работа водоподъемника носит сезонный характер, с периодом от 77 до 166 дней и стандартной нагрузкой при семичасовом рабочем дне от 540 до 1160 часов.

На пастбищах водоподъемное и энергетическое оборудование эксплуатируется в основном в неотапливаемых помещениях или под навесом, поэтому температура воздуха напрямую влияет на условия его эксплуатации, особенно на энергетическом оборудовании, расположенном на поверхности земли. На территории Казахстана максимальные температуры воздуха колеблются от 460 °С на юге до 40...420 °С на севере и северо-востоке, до 440 °С на западе и 42...440 °С в центральных регионах. Минимальные температуры колеблются в пределах 350 °С на юге, 450 °С в центральной части и на севере, –550 °С на северо-востоке и –30...–400 °С на западе [10].

Принимая во внимание эту температуру, а также технические и экономические соображения, следует обеспечить нормальную работу водоподъемника без изоляции в диапазоне температур окружающей среды  $\pm 300$  °С; при более низких температурах необходима специальная изоляция.

Суточный расход воды на пастбищах [4] зависит от срока использования пастбища, количества животных на одном водопое, норм расхода воды для животных, на собственные нужды обслуживающего персонала, для полива приусадебных участков и орошаемых площадей для выращивания сельскохозяйственных культур и служит одним из основных факторов при обосновании поставки насосного агрегата (водоподъемника).

Согласно «Руководству по проектированию сельскохозяйственного водоснабжения СН-2б 7-63» [6], водопойный пункт на пастбищах должен обслуживать не более 2000 голов овец, или 250 голов крупного рогатого скота, или 250 лошадей.

Согласно разработанным стандартам технологического проектирования овцеводческих ферм (комплексов) НТП-СХ 5-68 [1], для зоны

Казахстана приведены следующие размеры овцеводческих комплексов в тысячах голов: 2, 4, 6, 8, 10, 20.

При пастбищном и стойловом содержании животных в Казахстане овцы являются наиболее распространенным и емким потребителем воды, начиная от максимально допустимого количества овец (1000–2000 голов) на одном водопое и заканчивая овцеводческим комплексом на 20 тыс. голов.

Среднесуточные нормы водопотребления сельскохозяйственных животных, рекомендованные Х. Каршевым [8] в условиях водоснабжения пастбищ в Казахстане, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Рекомендуемые суточные нормы потребления воды сельскохозяйственными животными, дм<sup>3</sup> на голову

Тип животных	Период использования пастбища		
	лето	Весна и осень	зима
Крупный рогатый скот	50	40	30
Лошади	50	40	30
Овцы уже взрослые	8	5-6	3

В соответствии с рекомендуемыми суточными нормами водопотребления сельскохозяйственных животных (см. табл. 1) и допустимым содержанием животных на одном водопое, суточное потребление воды приведено в табл. 2.

Таблица 2. Среднесуточное потребление воды животными в условиях пастбищного и сельскохозяйственного водоснабжения для Казахстана, м<sup>3</sup>

Тип животных	Период использования пастбища	Количество животных на водопой, тыс. голов									
		На пастбищах			В животноводческих комплексах						
		0,25	1	2	0,4	2	4	6	8	10	20
Крупный рогатый скот	лето	12,5	–	–	–	100	–	–	–	–	–
	Весна и осень	10	–	–	–	80	–	–	–	–	–
	зима	7,5	–	–	–	60	–	–	–	–	–
Лошади	лето	12,5	–	–	20	–	–	–	–	–	–
	Весна и осень	10	–	–	16	–	–	–	–	–	–
	зима	7,5	–	–	12	–	–	–	–	–	–
Овцы уже взрослые	лето	–	8	16	–	16	32	48	64	80	160
	Весна и осень	–	6	12	–	12	24	36	48	60	120
	зима	–	3	6	–	6	12	18	24	30	60

Минимальное потребление воды овцами составляет  $3 \text{ м}^3$  зимой и максимальное –  $160 \text{ м}^3$  летом, что является обоснованием ограничения ежедневного потребления воды животными на одном водопое.

С учетом потребности обслуживающего персонала в воде для собственных нужд (9...15) % [2], расчетный суточный запас воды составит: на животноводческих комплексах –  $6,9...184 \text{ м}^3$ ; на естественных пастбищах –  $3,3...18,4 \text{ м}^3$ .

При отсутствии топографической съемки рельефа для проектирования реконструкции (что крайне нежелательно, особенно на торфяных почвах, склонных к вскрышным породам), единственно возможным способом создания матрицы рельефа является использование плана объекта с горизонталями и отметками характерных точек рельефа на бумажном носителе для первоначального осушения. Для этого случая были разработаны варианты получения цифровой модели рельефа (матрицы) с использованием векторизованной точечной модели отметок в характерных точках и линейной горизонтальной темы для комплексной интерполяции в ГИС.

При проектировании реконструкции также необходимо учитывать, что ранее построенные и эксплуатируемые на мелиоративном объекте искусственные линейные объекты – каналы, насыпи (дамбы, дороги), водопропускные трубы – существенно изменяют формирование путей стока поверхностного стока, которые соответствовали первоначальному естественному рельефу. В связи с этим, чтобы обоснованно спроектировать необходимые изменения в реконструируемой мелиоративной сети, их перепады высот обязательно должны использоваться в качестве естественно-физических границ для построения цифровой модели рельефа (более точно определяемой в данном случае как цифровая модель местности) с учетом изменения естественных форм рельефа, искусственно созданных в ходе первоначального строительства мелиоративной сети. Для достижения этой задачи мелиоративная сеть должна быть представлена в ГИС соответствующими линейными (каналы, коллекторы, дамбы, дороги) и площадными (водохранилища) темами, формирование которых может быть осуществлено путем векторизации геосвязанной растровой основы (отсканированный план, спутниковое изображение) проектируемой мелиорации объект.

Различные сооружения по-своему влияют на измерение рельефа с точки зрения его влияния на формирование поверхностного стока. Каналы, впадины, воронки являются дополнительными к естественным путям стока; плотины, дороги, русловые валы, напротив, являются пре-

пятствиями для формирования поверхностного стока. С учетом этого были разработаны методы расчета цифровой модели рельефа и нахождения соответствующих гидрологических и гидрографических характеристик объекта для случаев наличия различных типов мелиоративных сооружений.



Рис. 1. Пастбища на землях Республики Казахстан

Для автоматизации сложной реализации расчетных процедур и построения маршрутов естественного поверхностного стока, определения местоположения бессточных впадин и определения характеристик поверхностного стока в приложении ArcGIS Model Builder был создан ряд моделей геообработки, которые реализуют расчет всей взаимосвязанной цепочки вышеописанных вычислений гидрологических и гидрографических характеристик с использованием матрицы рельефа различных типов на входе.

Одновременный учет при расчете цифровой модели рельефа, в дополнение к насыпям, построенным во время первоначального дренажа, также открытой сети каналов, выявляющих ряд бессточных впадин – как естественных, так и созданных искусственными насыпями – гарантирует, что цифровая модель рельефа наиболее точно соответствует текущему состоянию объекта и, следовательно, обеспечивается наиболее точное нахождение гидрологических и гидрографических характе-

ристик, необходимых для принятия решений при проектировании реконструкции мелиоративных сооружений.

Матрица рельефа также необходима для определения площадного распределения глубины залегания грунтовых вод (путем вычитания из нее матрицы UGV) для принятия решений о дополнительном регулировании уровня грунтовых вод.

Совместный анализ наложенных друг на друга тематических слоев существующей мелиоративной сети и рассчитанных с учетом его матрицы рельефа направлений маршрутов поверхностного стока, мест расположения понижений и их характеристик позволяет выбрать альтернативные варианты мелиоративных мероприятий при проектировании реконструкции.

При проектировании реконструкции, исходя из результатов анализа рассчитанных гидрологических и гидрографических характеристик, должны быть решены вопросы разгрузки оставшихся нераскрытыми впадин или их заполнения (выравнивания) с учетом объема работ.

Оценка потребности в дополнительной сети (каналы, ложбины и т. д.) и расчет ее параметров для осушения оставшихся нераскрытыми понижений, расположение которых рассчитывается с использованием цифровой модели местности, или их выравнивание и т. д., должны определяться на основе вариантных технических и экономических условий. расчеты, основанные на выборе параметров проектируемой сети, основаны на расчете водного баланса впадин с учетом вероятностных значений интенсивности испарения осадков, инфильтрация из них и характеристики закрытых скважин, рассчитанные в ГИС: объем, площадь, глубина, площадь водосбора каждой скважины. Дополнительные элементы мелиоративной сети также должны быть спроектированы таким образом, чтобы обеспечить устойчивость к размыванию рассчитанных крупнейших маршрутов естественного стока (необходимость перехвата стока).

**Заключение.** Представление рельефа в виде горизонталей, традиционно используемое в «бумажном» дизайне, непригодно для автоматизированного проектирования, которое эффективно реализуется с использованием матрицы рельефа реконструируемого объекта. Автоматизированный расчет с использованием рельефной матрицы гидрологических и гидрографических характеристик обеспечивает полную информационную поддержку (местоположение и морфометрические характеристики осушаемых понижений, маршруты поверхностного

стока, склоны, площади водосборов и т. д.) для вариантных технико-экономических расчетов параметров дополнительной мелиоративной сети при проектировании реконструкции мелиоративных систем. При этом они могут быть использованы как при традиционных расчетах в упрощенной гидравлической постановке (коэффициент Шези, формулы для расчета дистанционных расстояний), так и при использовании строгих моделей, основанных на уравнениях с распределенными параметрами [3], для которых представление данных в пространственных сетках является наиболее эффективным.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ansari-Renani, H. R., Rischkowsky, B., Mueller, J. P., Momen, S., Moradi, S. 2013. Nomadic pastoralism in southern Iran. *Pastoralism* 3, 11. <https://doi.org/10.1186/2041-7136-3-11>
2. Glazer, A. N., Likens, G. E. 2012. The water table: The shifting foundation of life on land. *AMBIO*, 41, 657–669. <https://doi.org/10.1007/s13280-012-0328-8>
3. Tugjamba N., Walkerden G., Miller F. 2021. Climate change impacts on nomadic herders' livelihoods and pastureland ecosystems: A case study from Northeast Mongolia. *Regional Environmental Change*, 21, 105. <https://doi.org/10.1007/s10113-021-01829-4>
4. Espolov T. I., Yakovlev A. A., Sarkynov E. S., Zulpykharov B. A., Kaipbaev E. T., Zhakupova Z. Z., Auelbek E. K. Pneumatic chamber and airlift pumping units: Book - Almaty: Publishing house "Aitumar", 2018. – 312 p.
5. Technological operation of agricultural water supply facilities: Report "Kazglavselkhozvodosupply" of the Ministry of Agriculture of the Kazakh SSR. The head is V. K. Ryabov. – Alma-Ata, 1996.
6. Tynybaev A. A. The state and prospective development of agricultural water supply and irrigation of pastures in Kazakhstan // Tez. dokl. and he spoke at the All-Union Meeting on the topic: "Design, construction and operation of agricultural water supply and pasture irrigation systems", October 20–21, 1980. – Alma-Ata, 1980. – pp. 8–13.
7. Operation of irrigation facilities on pastures: Report of the Ministry of Water Management of the Kazakh SSR. The head is S. Abulkhairov. – Alma-Ata, 1983. – 65 p.
8. Kaplan R. M., Yakovlev A. A. Mechanization of the water supply of the pastbyshtah.- Alma-Ata: Kaynar, 1986. – 184 p.
9. Kopanev G. V. Extraveconomics and organization of the pastoral care. – M.: Science, 1967. – 255 p.
10. Chervinsky Z. F. Ways of agricultural land development in semi-desert zones of the USSR. – M.: Academy of Sciences of the USSR, 1950. – 239 p.

## ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ПОТЕРЬ ВОДЫ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ

Т. С. ИШАНГАЛИЕВ, канд. техн. наук, доцент  
Д. Я. ПАК, магистрант

НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет»,  
Алматы, Республика Казахстан

**Аннотация:** В данной статье приводятся данные о водопотреблении при регулярном орошении, данные по потерям воды из оросительных каналов в Республике Казахстан. Приводятся рекомендации по снижению фильтрационных потерь воды из оросительных каналов с применением геокомпозитного полимерного материала.

**Ключевые слова:** орошаемое земледелие, потери воды, оросительные каналы, фильтрация, противофильтрационные мероприятия.

**Summary:** This article provides data on water consumption during regular irrigation, data on water losses from irrigation canals in the Republic of Kazakhstan. Recommendations for reducing filtration losses of water from irrigation channels using geocomposite polymer material are given.

**Keywords:** irrigated agriculture, water losses, irrigation channels, filtration, anti-filtration measures.

Орошаемое земледелие во всем мире является одним из главных факторов обеспечения стабильности сельскохозяйственного производства и продовольственной безопасности.

В Республике Казахстан самым крупным сельскохозяйственным потребителем водных ресурсов является регулярное орошение. Так, по данным отчетов бассейновых инспекций по регулированию использования и охране водных ресурсов, забор воды на регулярное орошение по водохозяйственным бассейнам Республики Казахстан в среднем с 2020 по 2023 г. составил 11,9 км<sup>3</sup>. Это составляет около 50 % от общего водозабора на нужды отраслей экономики и населения республики, в среднем за последние четыре года начиная с 2020 г. При этом наблюдается негативная тенденция увеличения удельных норм водопотребления с 8,5 тыс. м<sup>3</sup>/га в 2011 г. до 10 тыс. м<sup>3</sup>/га в 2022 г. По оценке специалистов Казахского научно-исследовательского ин-

ститута водного хозяйства, это связано с изменением климата, которое влияет на увеличение нормативов водопотребления сельскохозяйственных культур.

Особенно низкая продуктивность воды наблюдается из-за ухудшения технического состояния инфраструктуры орошаемых земель. В результате коэффициент использования воды при ее доставке до орошаемого поля за последние 30 лет снизился с 0,8 до 0,5–0,55. В рамках проводимой в республике модернизации водохозяйственной инфраструктуры объём потерь воды при её транспортировке для нужд орошаемого земледелия сократился с 2009 г. на 15 %. Тем не менее доля потерь в орошаемом земледелии остаётся значительной и составляет около 65 %.

Большинство водохозяйственных объектов эксплуатируются без капитального ремонта и реконструкции более 30–50 лет и фактический износ водохозяйственных систем и сооружений в среднем по республике составляет более 70 % [1].

Водохозяйственный комплекс Казахстана включает 8577 каналов, общей протяженностью около 3500 км магистральных и межхозяйственных каналов, 55 % из которых находятся в неудовлетворительном состоянии [1]. Более 75 % каналов выполнены в земляном русле с большими потерями воды при транспортировке.

В целом из-за ненадлежащего технического состояния водохозяйственной инфраструктуры в среднем с 2020 по 2023 гг. потери при транспортировке воды по магистральным каналам составили 20 % от забранной воды. С учетом потерь в межхозяйственных и внутрихозяйственных каналах на полях потери превышают 50 % [1].

По данным [2] если общие потери на оросительной системе принять за 100 %, то они распределяются следующим образом: потери на фильтрацию – 70–75 %, потери на испарение – 3–5 %, технические потери – 20–25 %. На оросительной сети общие фильтрационные потери воды распределяются примерно так: в магистральных каналах, их ветвях, в межхозяйственных распределителях теряется около 30–35 %; во внутрихозяйственной оросительной сети (ОС) – от 50–55 %; во временных оросителях (ВО) – до 10 %.

По данным [3] в целом потери воды на водохозяйственных и оросительных каналах складываются из потерь на фильтрацию – 40 %, испарения – 1 %, утечек через сооружения и сбросы – 18 %. Если сравнить потери воды в технологической цепочке «магистральные каналы с ветками – оросительная система – орошаемое поле», то на

долю магистрального канала с ветками приходится до 27 % от объема водозабора (в том числе 18 % фильтрация), оросительной системы – 33 % от водозабора (в том числе фильтрация 22 %) и потери воды на поле в процессе полива – 16 %.

По данным [4] распределение потерь воды из-за просачивания в оросительной сети рассматривается следующим образом: 30–35 % в магистральных каналах, их ответвлениях и межхозяйственных распределителях; 50–55 % во внутрихозяйственных оросительных сетях; до 10 % во временных оросительных разбрызгивателях. Следовательно, только 24 % забираемой воды эффективно используется для орошения сельскохозяйственных культур.

Величина потерь на фильтрацию зависит от нескольких факторов, включая тип почвы, длину канала и скорость движения воды в канале. Потери при фильтрации зависят от режима работы канала, состояния канала, сезона использования и других второстепенных факторов, таких как ветер и другие воздействия окружающей среды. При равномерном режиме работы канала потери воды относительно невелики. Напротив, прерывистая эксплуатация и неполное заполнение канала приводят к увеличению затрат.

Анализ технического состояния оросительных каналов в Республике Казахстан показал, что оросительные системы в основном работают периодически в периоды орошения, а в межполивные периоды они «отдыхают», т. е. находятся без воды. Эти периоды чередуются каждые 5–15 дней в течение сезона орошения, и в среднем за сезон бывает от 2 до 8 периодов орошения и от 1 до 7 периодов между поливами.

В периоды между поливами русла каналов пересыхают, что приводит к увеличению потерь на фильтрацию. К таким каналам относятся в основном оросительные каналы низшего порядка, в том числе внутрихозяйственные каналы. Напротив, магистральные каналы и их распределители первого порядка работают непрерывно в течение периода орошения, что приводит к меньшим потерям воды [4].

Для борьбы с фильтрацией из каналов оросительных систем в 80-х гг. XX в. использовались различные противofильтрационные мероприятия: уплотнение, оглеение, кольматация глинистыми частицами и бентонитом, битумизация и цементация, воздействие химических кольматирующих веществ, а также устройство различного типа облицовок (грунтовых, бетонных, асфальтовых, каменных, кирпичных, грунтоцементных, пленочных и других) [2].

Несмотря на большое разнообразие существующих противофильтрационных мероприятий и различного типа облицовок в Казахстане на магистральных каналах, в основном, применяются бетонные, железобетонные покрытия, иногда с применением геомембран.

В связи с этим необходимо более широкое применение высоконадежных конструкций противофильтрационных облицовок оросительных каналов, с применением геосинтетических материалов, которые в различном сочетании позволяют создать противофильтрационные конструкции и способы их укладки, практически полностью исключающие потери на фильтрацию и обеспечивающие повышение КПД каналов оросительных систем [2].

По результатам анализа, проведенного в 2022 г. сотрудниками НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», предложена новая конструкция противофильтрационного покрытия оросительного канала из геокомпозитного полимерного материала [4]. Конструкция позволяет повысить КПД до 95 %, имеет повышенные прочностные характеристики, надежна в эксплуатации, срок службы не менее 80 лет, на ее изготовление можно использовать отходы из пластиковых изделий. На данную разработку получен патент на полезную модель [2].

Рекомендуется устанавливать улучшенную конструкцию непроницаемого покрытия оросительного канала из композитного материала на межхозяйственных и внутрихозяйственных каналах мелиоративных систем. Это позволяет снизить потери воды не только при транспортировке, но и в общей системе орошения и способствует внедрению новых площадей для орошения. При этом необходимо провести дальнейшие исследования для усовершенствования предложенной сотрудниками НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет» конструкция противофильтрационного покрытия оросительного канала из геокомпозитного полимерного материала.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция развития системы управления водными ресурсами Республики Казахстан на 2024–2030 годы. Утверждена постановлением Правительства Республики Казахстан от 5 февраля 2024 года № 66.
2. Косиченко, Ю. М. Современные методы борьбы с фильтрацией на оросительных каналах / Ю.М. Косиченко, О. А. Баев, А. В. Ищенко // Инженерный вестник Дона. – № 3. – 2014. – <http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2014/2593>.
3. Жандияр, Е. Г. Потери поливной воды на оросительных каналах / Е. Г. Жандияр, Е. Н. Алимбаев, Е. М. Калыбекова // Устойчивое управление водными ресурсами – основа решения стратегической цели по продовольственной безопасности в

условиях изменяющегося климата: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Всемирному дню воды 22 марта. – Душанбе, 2024. – С. 69–72.

4. Kalybekova, Y.; Zhu, K.; Nurlan, B.; Seytassanov, I.; Ishangaliyev, T.; Yermek, A.; Ismailova, G.; Kurmanbek, Z.; Issakov, Y.; Dávid, L.D. Minimizing seepage in irrigation canals in land reclamation systems via an innovative technology. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2023 | Journal article, DOI: 10.3389/fsufs.2023.1223645.

5. Оросительный канал мелиоративной системы: Патент на полезную модель № 7345 от 12.08.2022, заявка № 0314.2 от 12.04.2022 г.

УДК 631.67:633.31/.37

## **ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ И БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВ**

**А. С. КУКРЕШ**, канд. с.-х. наук, доцент  
**Ю. Н. ДУБРОВА**, канд. с.-х. наук, доцент

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
Горки, Республика Беларусь

**Аннотация:** В статье представлены данные о влиянии бактериальных препаратов и орошения дождеванием на показатели фотосинтетической деятельности многолетней бобово-злаковой травосмеси. Установлена зависимость показателей фотосинтетической активности от применяемых бактериальных препаратов.

**Ключевые слова:** многолетние травы, бактериальные препараты, орошение, фотосинтез, площадь листьев, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза.

**Summary.** This article presents data on the effect of bacterial preparations and irrigation by sprinkling on the photosynthetic activity of a perennial legume-cereal grass mixture. The article establishes the dependence of photosynthetic activity indicators on the applied bacterial preparations.

**Keywords:** perennial grasses, bacterial preparations, irrigation, photosynthesis, leaf area, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity.

Важным фактором увеличения кормовой базы для животноводства является создание высокопродуктивных травостоев укосного типа использования, с которых можно будет получить корм для сельскохозяйственных животных, сбалансированный по содержанию протеина и других питательных веществ [1].

Одним из условий повышения урожайности и кормовой ценности трав является улучшение неблагоприятных условий, лимитирующих запрограммированные показатели.

По данным многих исследователей, урожайность многолетних трав во многом зависит от фотосинтетической активности растений. Важнейшими показателями фотосинтетической деятельности растений в посевах является площадь ассимилирующей поверхности и фотосинтетический потенциал посевов. Формирование в посевах достаточной по размерам площади листьев, от которой зависит оптическая плотность посевов, очень важно с точки зрения поглощения листьями световой энергии для фотосинтеза [2, 3].

Однако и сама фотосинтетическая активность лимитируется слаживающимися условиями водного и питательного режима года их возделывания.

Исследований по выявлению влияния орошения на показатели фотосинтетической активности проведено достаточное количество, но оно касается полевых культур. В связи с этим целью наших исследований было установить влияние орошения и бактериальных препаратов на фотосинтетические показатели в посевах многолетних бобово-злаковых травосмесей.

**Методика исследований.** Опыты были проведены на опытном поле «Тушково» Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. Схема опытного участка включала два блока: с орошением и без орошения.

В качестве второго фактора использовались симбиотические бактериальные препараты Сапронит и Клеверин и ассоциативный азотфиксирующий препарат Азобактерин. Площадь учетной делянки составляла 50 м<sup>2</sup>. В травосмесь входили: клевер луговой, клевер ползучий, тимopheвка луговая и кострец безостый.

Семена перед посевом обрабатывались бактериальными препаратами в дозе из расчета 200 г. препарата на гектарную норму посева. Агротехника проведения опыта общепринятая. Для целей орошения дождеванием использовалась дождевальная установка IRRILAND RAPTOR.

В опытах площадь листовой поверхности трав определялась методом высечек. Расчет фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности производился по общепринятой методике [4, 5].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Результаты проведенных исследований показали, что рассматриваемые приемы оказали

существенное влияние на площадь листовой поверхности многолетних трав (табл. 1).

Таблица 1. Площадь листовой поверхности многолетних трав в зависимости от изучаемых приемов, тыс. м<sup>2</sup>/га

Вариант опыта	Бобовый компонент	Злаковый компонент
<b>Блок без орошения</b>		
Контроль (без обработки)	22,4	50,2
Сапронит	30,2	54,2
Клеверин	34,1	57,2
Азобактерин	26,2	59,1
<b>Орошение дождеванием</b>		
Контроль (без обработки)	27,3	55,7
Сапронит	37,7	56,2
Клеверин	39,0	57,9
Азобактерин	29,1	62,6

Примечание: НСР<sub>05</sub>A – 1,21; НСР<sub>05</sub>B – 1,1.

Орошение оказало существенное влияние на показатели площади листовой поверхности бобового компонента травосмеси. Так площадь листовой поверхности на контрольном варианте без применения бактериальных препаратов подросла до 27,3 тыс. м<sup>2</sup>/га по сравнению с аналогичным вариантом на блоке без орошения. Из изучаемых бактериальных препаратов на бобовом компоненте лучше сработал препарат Клеверин, где площадь листовой поверхности клевера составила 39 тыс. м<sup>2</sup>/га.

Изучаемые приемы оказали также существенное влияние на площадь листового компонента злаковых трав. Причем орошение, как и у растений клевера, так и у злакового компонента существенно повысили данный показатель. Если говорить о влиянии биопрепаратов на площадь листовой поверхности, то наиболее выгодным вариантом было применение ассоциативного азотфиксирующего препарата Азобактерин. Его применение на фоне с орошением травосмесей способствовало повышению площади листовой поверхности тимофеевки луговой и костреца безостого до 62,6 тыс. м<sup>2</sup>/га. Симбиотические препараты хоть и оказали положительное действие на площадь листовой поверхности злаковых трав.

Формирование урожая зависит не только от величины площади листьев, но и от времени их работоспособности. Фотосинтетический по-

тенциал (ФП) объединяет эти показатели. ФП за определенный период времени представляет собой сумму величин площади листьев за каждые сутки периода.

Изучаемые нами приемы привели соответственно к увеличению фотосинтетической активности травостоев в многолетней бобово-злаковой травосмеси (табл. 2).

Таблица 2. Показатели фотосинтетической деятельности растений в зависимости от орошения и бактериальных препаратов

Вариант опыта	Фотосинтетический потенциал, тыс. м <sup>2</sup> /га в сутки	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м <sup>2</sup> в сутки
<b>Блок без орошения</b>		
Контроль (без обработки)	592,4	2,01
Сапронит	625,5	2,31
Клеверин	639,2	2,45
Азобактерин	605,1	2,25
<b>Орошение дождеванием</b>		
Контроль (без обработки)	621,3	2,40
Сапронит	700,3	2,64
Клеверин	717,2	2,79
Азобактерин	689,3	2,56

Наибольшее влияние на величину фотосинтетического потенциала оказала обработка семян многолетних трав бактериальным препаратом Клеверин на блоке, где проводилось орошение дождеванием, который достиг 717,2 тыс. м<sup>2</sup>/га в сутки. Применение других бактериальных препаратов также оказало положительное влияние на величину фотосинтетического потенциала многолетней сложно компонентной травосмеси. Как следствие повышение фотосинтетического потенциала привело к увеличению чистой продуктивности фотосинтеза в посевах травосмеси. Наивысший показатель ЧПФ сформировался при обработке семян препаратов Клеверин, чуть меньший, но положительный эффект наблюдался при применении препаратов Сапронит и Азобактерин. Орошение дождеванием также способствовало существенному росту величины чистой продуктивности фотосинтеза. Максимальное значение ЧПФ было отмечено на блоке с орошением и применением бактериального препарата Клеверин и составило 2,79 г/м<sup>2</sup> в сутки.

Таким образом, наиболее эффективным приемом повышения фотосинтетической деятельности многолетней бобово-злаковой травосмеси оказалось применение бактериального препарата Клеверин и ороше-

ния дождеванием, которой обеспечило увеличение площади листовой пластины растений до 37,9 у бобового и 57,9 тыс. м<sup>2</sup>/га у злакового компонентов, повышение фотосинтетического потенциала до 717,2 тыс. м<sup>2</sup>/га в сутки и чистой продуктивности фотосинтеза до 2,79 г/м<sup>2</sup> в сутки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бобылев, В. С. Факторы, влияющие на подбор компонентов травосмеси многолетних трав / В. С. Бобылев // Вестник Курской ГСХА. – 2012. – № 9. – С. 41–42.
2. Крамаренко, М. В. Влияние динамики содержания бобовых трав в урожайной массе на продуктивность многолетних бобово-злаковых травосмесей длительного использования / М. В. Крамаренко // Известия Оренбургского ГАУ. – 2015. – № 3 (53). – С. 61–62.
3. Кулаковская, Т. В. Основные направления исследований и экологические аспекты развития лугопастбищного хозяйства в Европе / Т. В. Кулаковская // Мелиорация. – 2010. – № 1 (63). – С. 241–247.
4. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – 2-е изд. – М.: ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса, 1987. – 197 с.

УДК 633.2/3.03:551.58

### **ВИДОВОЙ СОСТАВ ТРАВСТОЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ: АКТУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

**А. С. КУКРЕШ**, канд. с.-х. наук, доцент  
**Ю. Н. ДУБРОВА**, канд. с.-х. наук, доцент  
**С. Б. ДАНЬКОВА**, магистрант

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
Горки, Республика Беларусь

**Аннотация:** Современные исследования подтверждают, что смешанные посевы многолетних трав остаются основой устойчивого кормопроизводства. Однако климатические изменения, наблюдаемые в последние годы, требуют пересмотра подходов к формированию травосмесей. В статье представлены актуальные данные по влиянию экстремальных температур, неравномерного распределения осадков и новых агротехнологий на видовой состав травостоя. Особое внимание уделено интеграции цифровых инструментов мониторинга и использованию биостимуляторов для повышения продуктивности агроценозов.

**Ключевые слова:** водный режим, сенокос, пастбище, бобово-злаковые травосмеси, кормовая ценность, климатическая адаптация, цифровые технологии, микробиом почвы.

**Summary:** Mixed crops of perennial grasses remain the foundation of sustainable forage production. However, recent climate changes necessitate revising approaches to forming grass mixtures. The article presents current data on the impact of extreme temperatures, uneven precipitation, and new agro-technologies on the species composition of grass stands. Special attention is paid to the integration of digital monitoring tools and the use of biostimulants to enhance the productivity of agrocenoses.

**Keywords:** water regime, haymaking, pasture, legume-cereal mixtures, feed value, climate adaptation, digital technologies, soil microbiome.

Кормопроизводство занимает ключевое место в структуре сельского хозяйства, обеспечивая до 70 % себестоимости животноводческой продукции. В условиях нарастающей климатической нестабильности (учащение засух, экстремальных осадков, температурных аномалий) актуализируется задача оптимизации видового состава травостоев [1, 2]. Последние исследования (2023–2024 гг.) демонстрируют, что традиционные подходы к формированию бобово-злаковых смесей требуют корректировки с учетом новых вызовов [3, 4].

**Современные климатические тенденции в Беларуси, основанные на анализе данных за последние несколько лет, позволили выявить следующие тенденции:**

- **повышение среднегодовой температуры** на 1,2 °С по сравнению с периодом 2010–2020 гг.;

- **смещение сезонов вегетации:** раннее начало весны (на 10–14 дней) и удлинение осеннего периода.

- **неравномерность осадков:** в 2023 г. дефицит майских осадков (5 мм при норме 63 мм) сменился избытком в июле (89 мм при норме 84 мм) [5].

Такие условия повышают стрессовую нагрузку на растения, особенно на влаголюбивые виды, такие как клевер луговой.

Инновационными подходами в кормопроизводстве являются цифровые технологии осуществляемые посредством мониторинга вегетации растений с использованием датчиков для контроля влажности почвы, температуры и содержания питательных веществ в режиме реального времени [6, 7].

Цифровая обработка данных с использованием спутниковых систем (NDVI-анализ) позволяет вести оценку динамики роста травостоя [8].

Внедрение генетически адаптированных сортов люцерны, устойчивых к засухе (например, «Горки-2024»), и злаков с повышенной зимостойкостью позволяет возделывать их в районах с холодным климатом.

**Использование биостимуляторов путем обработки семян** позволяет улучшить условия для работы симбиотического и ассоциативного азотфиксирующего аппарата и как следствие сократить дозы дорогостоящих азотных удобрений [9, 10]. Применение гуминовых кислот позволяет повысить водоудерживающую способность легких по гранулометрическому составу почв [11].

Исходя из вышеизложенного, учитывая современные агроклиматические условия для роста и развития растений, необходим гибкий подход к формированию травосмесей. Интеграция цифровых технологий, новых сортов и биопрепаратов позволяет не только сохранить, но и увеличить продуктивность травостоев на 25–30 %, а применение бактериальных препаратов и росторегуляторов позволит сэкономить дорогостоящие азотные удобрения. Перспективным направлением является изучение взаимодействия растений с почвенным микробиомом, что открывает пути к созданию саморегулирующихся агроэкосистем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дуброва, Ю. Н. Климатически адаптированные травосмеси: опыт Беларуси / Ю. Н. Дуброва // *Агроэкология и устойчивое развитие*. – 2024. – № 1. – С. 45–52.
2. Smith, J. Digital Tools for Precision Grassland Management / J. Smith, K. Brown // *Agronomy Journal*. – 2023. – Vol. 115(4). – P. 2100–2115.
3. Дуброва, Ю. Н. Перспективы культивирования сои в условиях Республики Беларусь / Ю. Н. Дуброва, Е. А. Вчерашний // *Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. материалов XVI Междунар. науч.-практ. конф. В 2-х кн., Барнаул, 9–10 февр. 2021 г. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2021. – Кн. 1. – С. 148–149.*
4. Применение препаратов микрорастительного взаимодействия и регуляторов роста при возделывании многолетних трав / Б. В. Шелюто, С. И. Станкевич, А. С. Кукреш, С. И. Холдеев. – Минск: Право и экономика, 2005. – 145 с.
5. Данные Гидрометцентра Республики Беларусь за 2023–2024 гг. [Электронный ресурс]. – URL: <https://pogoda.by> (дата обращения: 10.03.2024).
6. Использование функциональных возможностей ГИС и данных дистанционного зондирования для мониторинга и картографирования мелиорированных земель / Т. Н. Мысльва, Ю. Н. Дуброва, А. С. Кукреш [и др.] // *Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад.* – 2022. – № 1. – С. 176–183.
7. Экономическая эффективность применения органического селена в кормлении ремонтных бычков / М. М. Карпеня, Ю. В. Шамич, С. Л. Карпеня [и др.] // *Ученые за-*

писки учреждения образования «Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины». – 2012. – Т. 48, № 1. – С. 238–241.

8. Автоматизация инженерных систем: учеб.-метод. пособие / Ю. Н. Дуброва, Л. И. Кумачев, Р. А. Другомилов, Ю. А. Мажайский. – Горки: Белорус. гос. с.-х. акад., 2020. – 414 с.

9. Желязко, В. И. Эффективность орошения и использования бактериальных препаратов при возделывании бобово-злаковой травосмеси / В. И. Желязко, А. С. Кукреш // Природообустройство. – 2008. – № 5. – С. 34–37.

10. Клименко, А. В. Микробиом почвы и продуктивность бобовых культур / А. В. Клименко, С. И. Петрова // Кормопроизводство. – 2024. – № 3. – С. 12–18.

11. Желязко, В. И. Сельскохозяйственные мелиорации : пособие для студентов учреждений высшего образования / В. И. Желязко, Т. Д. Лагун, А. С. Кукреш.– Горки: Белорус. гос. с.-х. акад., 2012. – 254 с.

УДК 631.6.02

## **СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ**

**А. С. КУКРЕШ**, канд. с.-х. наук, доцент  
**Ю. Н. ДУБРОВА**, канд. с.-х. наук, доцент  
**С. Б. ДАНЬКОВА**, магистрант

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
Горки, Республика Беларусь

**Аннотация:** В статье анализируются современные тенденции эксплуатации мелиоративных систем и их влияние на экологическое равновесие агроландшафтов. Рассмотрены последние исследования (2020–2023 гг.), посвященные снижению негативного воздействия дренажа на водные ресурсы, внедрению водооборотных систем и цифровых технологий мониторинга. Показано, что интеграция умных решений позволяет сократить вынос агрохимикатов на 30–40 %, повышая устойчивость сельскохозяйственных экосистем.

**Ключевые слова:** мелиоративные системы, агрозагрязнители, устойчивое земледелие, водный баланс, цифровые технологии, экосистемные услуги.

**Summary:** The article analyzes modern trends in the operation of melioration systems and their impact on the ecological balance of agricultural landscapes. The latest studies (2020–2023) devoted to reducing the negative impact of drainage on water resources, the introduction of water circulation systems and digital monitoring technologies are considered. The integration

of smart solutions has been shown to reduce the release of agrochemicals by 30–40 %, increasing the sustainability of agricultural ecosystems.

**Key words:** melioration systems, agro-pollutants, sustainable agriculture, water balance, digital technologies, ecosystem services.

Мелиоративные системы, обеспечивающие регулирование водного режима сельхозугодий, остаются ключевым элементом устойчивого агропроизводства. Однако их длительная эксплуатация (более 30–40 лет) приводит к ряду экологических проблем: деградации почв, загрязнению водоемов нитратами и пестицидами, снижению биоразнообразия. По данным FAO (2023), 15 % мелиорированных земель в мире требуют срочной реконструкции. В Беларуси, где мелиорацией охвачено 3,4 млн. га, актуальной задачей является модернизация инфраструктуры с учетом принципов зеленой экономики [1].

Экологические последствия эксплуатации мелиоративных систем создают гидрологический дисбаланс.

Современные исследования подтверждают, что дренаж снижает уровень грунтовых вод на 1,5–2 м, что:

- уменьшает влагообеспеченность прилегающих лесов и лугов на 20–25 % [2, 3];

- провоцирует исчезновение 12 % видов водно-болотных птиц в Беларуси (данные НПЦ НАН по биоресурсам, 2023).

Важным экологическим влиянием на окружающую среду является химическое загрязнение. Ежегодный вынос азота и фосфора с дренажными водами в Беларуси достигает 8–12 кг/га. Применение удобрений в дозах свыше 200 кг/га увеличивает концентрацию нитратов в реках до 45 мг/л (при ПДК 10 мг/л). Особую опасность представляют неонитиноиды, обнаруживаемые в 70 % проб воды мелиоративных каналов (исследование БГСХА, 2022).

Отечественными и зарубежными учеными предложены инновационные подходы к снижению негативного воздействия мелиоративных систем на окружающую среду.

Одним из перспективных методов является создание водооборотных систем, в которых дренажные воды находят повторное использование.

В Нидерландах внедрены системы с замкнутыми циклами, где 80 % дренажных вод рециркулируют, сокращая потребление пресной воды на 50 % [4, 5].

Создание искусственных биолато с тростником и рогозом снижают концентрацию пестицидов на 60–70 %.

Большое распространение и популярность получают цифровые технологии в мелиорации.

Использование специальных систем и датчиков системы мониторинга позволяют отслеживать влажность и химический состава воды в режиме реального времени (точность  $\pm 5$  %).

Алгоритмы прогнозирования на базе машинного обучения предсказывают риски загрязнения с точностью 85 % [6].

Так, в Гродненской области внедрение платформы «SmartDrain» сократило вынос азота на 35 % за счет оптимизации поливных режимов.

Существующие риски для мелиорации, выражающиеся в учащении засух (на 30 % к 2050 г.), требует перехода к влагосберегающим технологиям. Одновременно рост интенсивности осадков увеличивает эрозию дренажных каналов до 25 % [7].

Белорусскими и российскими учеными предложены стратегии адаптации сельскохозяйственного производства к изменению климата.

Одним из ключевых направлений является использование контурной мелиорации, сочетающей дренажные системы и микроводохранилища для удержания влаги. Агроролесомелиорация предусматривает посадку ветрозащитных полос, снижающих испарение на 15–20 % [8].

На основании вышеизложенного можно сделать выводы:

1. Внедрение водооборотных систем и биолато снижает экологическую нагрузку на 40–60 %.

2. Цифровизация мелиорации повышает эффективность использования ресурсов на 25–30 %.

3. Интеграция климатических стратегий в проектирование систем обеспечивает долгосрочную устойчивость агроландшафтов.

4. Перспективными направлениями являются разработка биоразлагаемых дренажных материалов, использование спутниковых данных для прогнозирования деградации почв.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. FAO. The State of Food and Agriculture 2023. – Rome, 2023. – 210 p.
2. Impact of Drainage on Wetland Biodiversity // Environmental Research. – 2022. – Vol. 215. – P. 114–125.
3. Van der Zee, S. Circular Water Management in Agriculture // Water Resources Management. – 2023. – Vol. 37(5). – P. 189–205.
4. Kumar, R. AI-Driven Solutions for Agricultural Water Management // Agricultural Systems. – 2023. – Vol. 208. – 103456.

5. Автоматизация инженерных систем: учеб.-метод. пособие / Ю. Н. Дуброва, Л. И. Кумачев, Р. А. Другомилов, Ю. А. Мажайский. – Горки : Белорус. гос. с.-х. акад., 2020. – 414 с.

6. Дуброва, Ю. Н. Перспективы культивирования сои в условиях Республики Беларусь / Ю. Н. Дуброва, Е. А. Вчерашний // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. материалов XVI Междунар. науч.-практ. конф.: в 2-х кн., Барнаул, 9–10 февр. 2021 г. – Барнаул: Алтайский гос. аграр. ун-т, 2021. – Кн. 1. – С. 148–149.

7. Экономическая эффективность применения органического селена в кормлении ремонтных бычков / М. М. Карпеня, Ю. В. Шамич, С. Л. Карпеня [и др.] // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины». – 2012. – Т. 48, № 1. – С. 238–241.

8. Использование функциональных возможностей ГИС и данных дистанционного зондирования для мониторинга и картографирования мелиорированных земель / Т. Н. Мысльва, Ю. Н. Дуброва, А. С. Кукреш [и др.] // Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. – 2022. – № 1. – С. 176–183.

УДК 631.626.2

## **ДИНАМИКА УРОВНЯ ПОЧВЕННО-ГРУНТОВЫХ ВОД ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ**

**А. С. КУКРЕШ**, канд. с.-х. наук, доцент  
**Ю. Н. ДУБРОВА**, канд. с.-х. наук, доцент  
**С. Б. ДАНЬКОВА**, магистрант

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
Горки, Республика Беларусь

**Аннотация:** Исследовано влияние длительной эксплуатации дренажных систем на динамику почвенно-грунтовых вод на тяжелых минеральных почвах. Установлена зависимость уровневого режима от технического состояния дренажа, агротехнических мероприятий и гидрометеорологических условий. Показана эффективность глубокого рыхления и очистки дрен для регулирования водного режима.

**Ключевые слова:** дренажные системы, уровень почвенно-грунтовых вод, водный режим, тяжелосуглинистые почвы, эксплуатационные характеристики.

**Summary:** The influence of long-term operation of drainage systems on the dynamics of soil and groundwater on heavy mineral soils is studied. The dependence of the level regime on the technical condition of the drainage, agrotechnical measures and hydrometeorological conditions is established. The effectiveness of deep loosening and cleaning of drains for regulating the water regime is shown.

**Key words:** drainage systems, groundwater level, water regime, heavy loamy soils, operational characteristics.

Уровень почвенно-грунтовых вод (ПГВ) играет ключевую роль в успешном выращивании сельскохозяйственных культур, особенно на тяжелых слабопроницаемых почвах. Дренаж необходим для регулирования водного режима и создания оптимальных условий для роста растений и проведения агротехнических работ.

**Рекомендуемые глубины залегания грунтовых вод.** Весенне-полевые работы и посев: обработка почвы (механизированная) возможна при уровне ПГВ 45–50 см от поверхности. Посев требует понижения уровня до 50–70 см.

Вегетационный период: многолетние травы – оптимальная глубина 80–100 см. Зерновые культуры – 100–130 см.

Для эффективного земледелия на тяжелых суглинистых почвах необходимо поддерживать уровень грунтовых вод в зависимости от фазы развития растений и агротехнических операций. Дренажная система должна обеспечивать своевременное отведение избыточной влаги, предотвращая переувлажнение и создавая благоприятные условия для роста культур.

Основные факторы, влияющие на динамику почвенно-грунтовых вод:

Верховодка и скорость ее отвода – ключевая проблема осушения тяжелых почв. Быстрый отвод воды из верхнего слоя критичен для своевременной обработки и посева.

Глубокое рыхление – значительно ускоряет снижение ПГВ в предпосевной и ранневегетационный периоды (на 9–18 см).

Очистка дрен – менее выраженный эффект (разница 3–6 см), но важна на старых системах с заилением.

Осадки – определяют сезонные колебания ПГВ. В засушливые периоды уровень может опускаться ниже 150 см, а во влажные – подниматься до глубины заложения дрен (120 см).

#### **Влияние дренажа и агротехнических мероприятий**

Фактор	Эффект на снижение ПГВ	Наибольшее влияние
Глубокое рыхление	+9–18 см	Предпосевной период, начало вегетации
Очистка дрен	+3–6 см (до +5–7 см на старых системах)	После длительной эксплуатации дренажа
Естественный сток	Зависит от осадков	Сухие периоды – ПГВ ниже 150 см, влажные – подъем к 120 см

**Проблемы старых дренажных систем.** Кольматация (заиление) – ухудшает фильтрацию, приводит к более высокому залеганию ПГВ.

Износ дрен снижает эффективность водоотведения, особенно заметно в конце вегетации (уровень поднимается раньше).

Неравномерность осушения – даже в пределах одной системы ПГВ может сильно варьировать из-за разной степени заиления и рельефа.

**Рекомендации по оптимизации водного режима.** Регулярное рыхление (особенно глубокое) – для разрушения водоупорных слоев и ускорения отвода верховодки.

Периодическая очистка дрен – особенно на старых системах, где разница в ПГВ может достигать 5–7 см.

Мониторинг осадков – в засушливые периоды дренаж менее активен, во влажные – необходим контроль подъема ПГВ.

Наибольший эффект в снижении ПГВ дает глубокое рыхление, тогда как очистка дрен важна для поддержания работы старых систем. Оптимальное осушение тяжелых почв требует комплексного подхода: сочетания дренажа, агротехники и регулярного обслуживания системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гулюк, Г. Г. Гидрологические свойства и продуктивность дерново-подзолистых оглеенных почв при различных режимах и продолжительности работы гончарного дренажа: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Г. Г. Гулюк. – М., 2000. – 19 с.

2. Дуброва, Ю. Н. Использование природных ландшафтов в сельскохозяйственном производстве в условиях изменения климата / Ю. Н. Дуброва, Д. М. Лейко, А. А. Боровиков // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2020. – № 2 (78). – С. 112–117.

3. Тютюнник, Д. А. Глубокое рыхление минеральных осушенных почв / Д. А. Тютюнник // Мелиорация земель Полесья и охрана окружающей среды. – Вып. 1. – Минск, 1977. – 93 с.

4. Роде, А. А. Основы учения о почвенной влаге. Водные свойства почв и передвижение почвенной влаги / А. А. Роде. – Л.: Гидрометиздат, 1965. С. 219–283.

5. Кулаковская, Т. Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев / Т. Н. Кулаковская. – Минск: Урожай, 1978. – 270 с.

6. Автоматизация инженерных систем: учеб.-метод. пособие / Ю. Н. Дуброва, Л. И. Кумачев, Р. А. Другомилов, Ю. А. Мажайский. – Горки: Белорус. гос. с.-х. акад., 2020. – 414 с.

7. Сычев, В. Г. Тенденция изменения агрохимических показателей плодородия почв Европейской части России / В. Г. Сычев. – М.: ЦИНАО, 2000. – С. 8–9.

## РОЛЬ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЗАДАЧ В СОВРЕМЕННОМ ОБРАЗОВАНИИ

**С. В. КУРЗЕНКОВ**, канд. техн. наук, доцент

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
Горки, Республика Беларусь

**В. С. КУРЗЕНКОВА**, студентка 1-го курса физико-математического факультета  
УО «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка»,  
Минск, Республика Беларусь

**Аннотация:** Прорывные решения в науке, технике, экономике, да и по другим направлениям невозможны без математической грамотности исполнителей – людей, ведущих исследовательскую работу по этим направлениям. Только математически грамотный исследователь может четко обосновать, логично представить и передать на обсуждение сущность своих идей и открытий.

Готовить к такой работе должны вузы. В этом направлении роль преподавателя математики в вузе видится в том, чтобы разглядеть потенциал обучающегося и донести до него сущность математики, как инструмента, позволяющего развиваться, познавать процессы, происходящие в природе, логично и обосновано передавать свои мысли. В этом смысле математика выступает как «азбука прогресса» в развитии человека и его личности. При этом математика изучает не саму природу и объекты действительности, а математические объекты, которые могут иметь прообразы в действительности. И это нужно объяснять студентам через примеры применения математики для решения прикладных задач.

В приведенной работе на примере прикладной задачи в области обустройства территорий и ее решения показана необходимость изучения математических дисциплин для студентов технических специальностей.

**Ключевые слова:** математика, роль математики в обучении, прикладные математические задачи.

**Summary:** Breakthrough solutions in science, technology, economics, and in other areas are impossible without the mathematical literacy of the performers – people conducting research in these areas. Only a mathematically competent researcher can clearly substantiate, logically present and convey for discussion the essence of his ideas and discoveries. Universities should prepare for such work. In this direction, the role of a mathematics

teacher at a university is seen in seeing the potential of the student and conveying to him the essence of mathematics as a tool that allows him to develop, learn about the processes taking place in nature, and convey his thoughts logically and reasonably. In this sense, mathematics acts as the "ABC of progress" in the development of man and his personality. At the same time, mathematics studies not the nature and objects of reality itself, but mathematical objects that can have prototypes in reality. And this should be explained to students through examples of the use of mathematics to solve applied problems. In the given work, on the example of an applied problem in the field of landscaping and its solution, the need to study mathematical disciplines for students of technical specialties is shown.

**Keywords:** mathematics, the role of mathematics in learning, applied mathematical problems.

**Введение.** Прорывные решения в науке, технике, экономике, да и по другим направлениям невозможны без математической грамотности исполнителей – людей, ведущих исследовательскую работу по этим направлениям. Только математически грамотный исследователь может четко обосновать, логично представить и передать на обсуждение сущность своих идей и открытий [1].

Готовить к такой работе должны вузы. В этом направлении роль преподавателя математики в вузе видится в том, чтобы разглядеть потенциал обучающегося и донести до него сущность математики, как инструмента, позволяющего развиваться, познавать процессы, происходящие в природе, логично и обосновано передавать свои мысли. В этом смысле математика выступает как «азбука прогресса» в развитии человека и его личности [2].

Математику нельзя отнести к естествознанию или общественным наукам, так как она изучает не саму природу и объекты действительности, а математические объекты, которые могут иметь прообразы в действительности [3]. И это нужно объяснять студентам через примеры применения математики для решения прикладных задач.

В данной на примере прикладной задачи и ее решения показывается необходимость изучения математических дисциплин для студентов специальности Строительство зданий и сооружений.

Пусть в сегменте закругления стадиона (рис. 1) требуется постелить покрытие. Для этого необходимо определить площадь этого сегмента с дугой, равной  $l$  и длиной хорды –  $m$  при условии, что сегмент является частью круга радиуса  $R$ . Привести пример решения данной задачи при  $l = 87,6$  м,  $m = 67,2$  м.

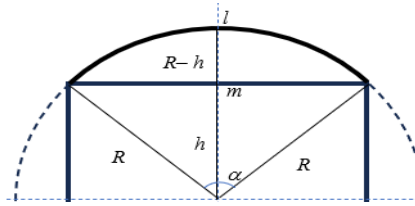


Рис. 1. Геометрическая схема постановки задачи

**Решение.** Не известной величиной в этой задаче является радиус круга  $R$ , характеризующего сегмент закругления. Его мы можем найти из следующих соображений: с одной стороны, угол  $\alpha$  сектора круга (рис. 1) может быть определен по формуле  $\angle\alpha = \frac{l}{R}$ , а с другой – является параметром в равенстве  $\sin(\frac{\alpha}{2}) = \frac{m}{2R}$ . Исходя из этого искомый радиус круга  $R$  можно найти из уравнения  $2R \cdot \sin(\frac{l}{2R}) = m$ . Реализацию метода решения уравнения с последующими вычислениями искомой площади выполним в EXCEL.

Согласно геометрической схеме (рис. 1), заметим, что  $R > 0$  и  $R < m$ , поэтому в качестве отрезка, на котором будет существовать единственный корень уравнения можно взять, например, отрезок  $[1; m]$ .

Алгоритм уточнения корня уравнения в EXCEL покажем на рис. 2. Данное уравнение может быть решено только численными методами с заведомо заданной точностью  $\epsilon$ , например метод деления отрезка на 10 частей. Вычисления будем производить с точностью до  $\epsilon = 0,001$ .

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	R	f(R)	l	m	a	b	h	R
2	=E2	=2*A2*SIN(\$C\$2/(2*A2))-D\$2	87,6	67,2	1	67,2	=(F2-E2)/10	=(F2+E2)/2
3	=A2+\$G\$2	=2*A3*SIN(\$C\$2/(2*A3))-D\$2						
4	=A3+\$G\$2	=2*A4*SIN(\$C\$2/(2*A4))-D\$2						
5	=A4+\$G\$2	=2*A5*SIN(\$C\$2/(2*A5))-D\$2						
6	=A5+\$G\$2	=2*A6*SIN(\$C\$2/(2*A6))-D\$2						
7	=A6+\$G\$2	=2*A7*SIN(\$C\$2/(2*A7))-D\$2						
8	=A7+\$G\$2	=2*A8*SIN(\$C\$2/(2*A8))-D\$2						
9	=A8+\$G\$2	=2*A9*SIN(\$C\$2/(2*A9))-D\$2						
10	=A9+\$G\$2	=2*A10*SIN(\$C\$2/(2*A10))-D\$2						
11	=A10+\$G\$2	=2*A11*SIN(\$C\$2/(2*A11))-D\$2						
12	=A11+\$G\$2	=2*A12*SIN(\$C\$2/(2*A12))-D\$2						

Рис. 2. Алгоритм уточнения корня уравнения в EXCEL

Результат первого шага уточнения корня уравнения в EXCEL будет иметь вид (рис. 3).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	$R$	$f(R)$	$l$	$m$	$a$	$b$	$h$	$R$
2	1	-67,56257827	87,6	67	1	67,2	6,62	34,1
3	7,62	-74,97199389						
4	14,2	-65,32879013						
5	20,9	-31,18084856						
6	27,5	-12,25465043						
7	34,1	-1,776806283						
8	40,7	4,458545324						
9	47,3	8,426050526						
10	54	11,09237651						
11	60,6	12,96494305						
12	67,2	14,32798326						

Рис. 3. Результат первого шага уточнения корня уравнения в EXCEL

Из результатов расчетов, наблюдаемых на рис. 3, можно сделать вывод, что знак значения функции (столбец B), характеризующей рассматриваемое уравнение, меняется на отрезке от 34,1 до 40,7 (столбец A), поэтому, согласно геометрическому смыслу корня уравнения, именно этот отрезок нужно брать для его уточнения на следующем шаге. Нужная точность вычислений на данном этапе не достигнута, так как  $h > \varepsilon$  (т. е.  $6,62 > 0,001$ ). В качестве промежуточного приближения к корню на первом и последующих этапах его уточнения будем принимать середину отделенного отрезка (на I этапе  $R_1 = 34,1$ ).

Выполним второй этап уточнения корня уравнения в EXCEL (рис. 4).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	$R$	$f(R)$	$l$	$m$	$a$	$b$	$h$	$R$
2	34,1	-1,776806283	87,6	67	34,1	40,7	0,66	37,4
3	34,8	-1,009211689						
4	35,4	-0,279521761						
5	36,1	0,414623402						
6	36,7	1,075411953						
7	37,4	1,704874017						
8	38,1	2,304894304						
9	38,7	2,877223678						
10	39,4	3,423489771						
11	40	3,945206713						
12	40,7	4,443784037						

Рис. 4. Результат второго шага уточнения корня уравнения в EXCEL

Для этого в ячейку E2 расчетной таблицы введем значение 34,1, а в ячейку F2 – 40,7, тем самым сузив отделенный отрезок. В результате этих действий данные в расчетной таблице обновятся и примут вид (рис. 4). Из результатов расчетов можно сделать вывод, что знак значения функции меняется на отрезке от 35,4 до 36,1, поэтому именно этот отрезок нужно брать для его уточнения на следующем шаге. Нужная точность вычислений на данном этапе не достигнута, так как  $h > \varepsilon$  (т. е.  $0,66 > 0,001$ ). В качестве промежуточного приближения к корню на втором этапе принимается значение  $R_2 = 37,4$ .

Выполнив в EXCEL по аналогичной схеме еще два шага уточнения корня решаемого уравнения, расчетная таблица примет окончательный вид (рис. 5).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<i>R</i>	<i>f(R)</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>R</i>	<i>S</i>
2	35,68	-0,0019525	87,6	67	35,68	35,687	0,0007	35,684	1159
3	35,6807	-0,00121252							
4	35,6814	-0,00047258							
5	35,6821	0,00026733							
6	35,6828	0,00100719							
7	35,6835	0,00174702							
8	35,6842	0,00248681							
9	35,6849	0,00322656							
10	35,6856	0,00396627							
11	35,6863	0,00470594							
12	35,687	0,00544557							

Рис. 5. Окончательный вид расчетной таблицы в EXCEL

Таким образом, в результате пяти шагов уточнения корня рассматриваемого уравнения с заявленной точностью ( $0,0007 < 0,001$ ), мы можем принять величину радиуса сегмента закругления равной  $R_5 = 35,684$  м. При этом площадь этого сегмента будет равна

$$S = \frac{R^2}{2} \cdot \left( \frac{l}{R} - \sin \left( \frac{l}{R} \right) \right) = \frac{(35,684)^2}{2} \left( \frac{87,6}{35,684} - \sin \left( \frac{87,6}{35,684} \right) \right) = 1159,316 \text{ м}^2.$$

**Заключение.** В данной работе на примере математической постановки и решения прикладной задачи в области обустройства территорий показаны актуальность и необходимость изучения математических дисциплин студентами технических специальностей. Математические знания позволят будущим специалистам преуспеть и на производстве,

так как образованность, грамотность и эрудиция позволяют успешнее организовать свой труд и труд своих подчиненных.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Курзенков, С. В. Проблемы современного этапа становления математического и физического образования студентов инженерных и технических специальностей вузов Республики Беларусь / С. В. Курзенков // Актуальные проблемы преподавания естественнонаучных и специальных дисциплин в учреждениях высшего и среднего специального образования сельскохозяйственного профиля: сб. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию кафедры высшей математики и физики. – Горки: БГСХА, 2020. – 169 с.

2. Курзенков, С. В. Математика – «Азбука прогресса» в исследовательской деятельности студентов, магистрантов и аспирантов / С. В. Курзенков // Актуальные научно-технические и экологические проблемы мелиорации земель: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 105-летию кафедры мелиорации и водного хозяйства (11–12 апр. 2024 г.) / редкол.: В. И. Желязко (гл. ред.) [и др.]. – Горки: БГСХА, 2024. – С. 106–111.

3. Курзенков, С. В. Математика как инструмент познания и развития студентов вузов / С. В. Курзенков // Актуальные научно-технические и экологические проблемы мелиорации земель: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти Б. И. Яковлева / редкол.: В. И. Желязко (гл. ред.) [и др.]. – Горки: БГСХА, 2022. – С. 135–143.

УДК 69

## РАСЧЕТ ВОДОПОНИЖЕНИЯ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ

С. Е. ЛИПАТОВ, аспирант 1-го курса

Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина,  
Омск, Российская Федерация

**Аннотация:** Водопонижение – это процесс искусственного снижения уровня подземных вод. Такой метод известен как «строительное водопонижение» и применяется при выполнении земляных и других строительных работ, таких как возведение фундаментов, гидротехнических сооружений, подземных коммуникаций и разработке горных выработок в период строительства [5]. Задачи строительного водопонижения включают в себя развитие и поддержание депрессионной воронки в водоносных грунтах, которые были прорезаны котлованом (или другим сооружением), а также снижение избыточного давления в подстилающих водоносных грунтах, отделенных от котлована водопором.

**Ключевые слова:** водопонижение, мелиорируемые территории, насосные станции, строительные проекты.

**Abstract:** Water reduction is the process of artificially lowering the groundwater level. This method is known as "construction water reduction" and is used in the performance of excavation and other construction work, such as the construction of foundations, hydraulic structures, underground utilities and mining during construction [5]. The tasks of construction water reduction include the development and maintenance of a depression funnel in aquifers that have been cut by a foundation pit (or other structure), as well as reducing excess pressure in the underlying aquifers separated from the foundation pit by a water barrier.

**Keywords:** water supply, reclaimed territories, pumping stations, construction projects.

Выбор оптимального метода или их комбинации для решения проблемы водопроникновения зависит от конкретных геологических и гидрогеологических условий на объекте строительства. В следующем разделе мы рассмотрим более подробно особенности каждого из распространенных способов водопонижения на строительной площадке, чтобы обеспечить эффективное и безопасное выполнение строительных работ.

Подземный метод водопонижения является одной из наиболее эффективных технологий, применяемых в современном строительстве. Он основывается на принципе создания условий для откачки избыточной влаги из водоносных горизонтов, что достигается с помощью специально оборудованных водопонижительных скважин и мощного насосного оборудования.

Метод водопонижения подземным способом находит свое применение в самых различных областях строительства. Особенно он актуален при возведении подвальных этажей, фундаментов, заложенных на значительную глубину, строительстве тоннелей и других объектов, расположенных под землей. Этот метод особенно эффективен в условиях плотных грунтов, которые обладают высокой фильтрационной способностью.

Кроме того, существует еще один весьма результативный подземный способ – это использование дренажных систем. Основная идея этого метода заключается в установке в грунте специальных дренажных труб, оснащенных отверстиями или прорезями. Эти трубы позволяют эффективно отводить избыточную влагу из почвы, которая затем

стекает внутрь дренажных труб и по ним направляется к точкам сбора и последующей откачки. Это обеспечивает надежное и постоянное снижение уровня грунтовых вод, что является залогом успешного и безопасного строительства.

Дренажные системы, установленные на определенной глубине под землей, играют важную роль в поддержании оптимального уровня грунтовых вод на строительных площадках. Благодаря своей эффективности, они предотвращают затопление подземных помещений и обеспечивают стабильность строительства зданий. Дренажные системы способны быстро удалять лишнюю влагу из почвы, что позволяет избежать нежелательных последствий в виде подтопления территории. Это особенно важно при возведении фундаментов и подвалов, где влажность может стать серьезным препятствием.

Комплексный подход к водоотведению предполагает одновременное применение различных технологий с целью максимально эффективного снижения уровня грунтовых вод на строительной площадке. Основной идеей этого подхода является подбор оптимальной комбинации дренажных систем, вертикального и наклонного бурения скважин, вакуумирования, электроосмоса и других методов, учитывая особенности геологического строения конкретного участка.

Комбинированный метод водопонижения является эффективным инструментом, который способствует не только сокращению времени строительства, но и повышению уровня безопасности на объекте, а также снижению рисков, связанных с возможным притоком грунтовых вод на площадку. Грамотное сочетание различных технологий является залогом успешной реализации даже самых сложных инфраструктурных проектов, особенно в условиях с непредсказуемой гидрогеологической обстановкой.

Поверхностный метод основан на создании специальной системы открытого дренажа для эффективного отвода лишней воды с поверхности строительной площадки или смежной территории. Для этого используются разнообразные технические решения – каналы, кюветы, водоотводные трубы, а также насосные станции. Благодаря этому происходит изменение направления потока поверхностных и грунтовых вод, что в итоге приводит к снижению уровня воды.

Одним из главных преимуществ поверхностного метода является его экономичность и относительная простота в реализации. Однако эффективность данного метода напрямую зависит от того, насколько точно были учтены все особенности местности при проектировании системы дренажа. При правильном подходе поверхностный метод спо-

собен предотвратить множество проблем, связанных с избыточным количеством грунтовых вод – начиная от эрозии и заболачивания до снижения несущей способности грунта. Этот метод актуален для применения не только в строительстве, но и в горнодобывающей промышленности, а также в сельском хозяйстве.

Предварительная оценка водопритока может быть получена расчетом на основе данных о параметрах водоносного слоя, типа и параметрах выемки [3]:

1. Тип выемки – несовершенный, так как ее дно не доходит до водоупора (ИГЭ № 4 и № 5).

*Для котлована:*

отметка природной поверхности  $NL = 4$  м;

отметка поверхности водоносного горизонта  $WL = 3,7$  м;

отметка дна котлована  $dL = 2$  м;

отметка поверхности водоупорного слоя  $BL = 1,5$  м.

*Для траншеи:*

отметка природной поверхности  $NL = 4,6$  м;

отметка поверхности водоносного горизонта  $WL = 4,5$  м;

отметка дна котлована  $dL = 1,6$  м;

отметка поверхности водоупорного слоя  $BL = 0,2$  м.

2. Характер потока, формирующегося в процессе водопонижения вокруг выемки, зависит от отношения сторон котлована и траншеи.

Соотношение сторон котлована:  $40/30 = 1,3 \leq 10$ . Следовательно, формируется радиальный поток.

Соотношение сторон траншеи:  $120/1 = 120 > 10$ . Следовательно, формируется плоский поток.

3. Величина водопонижения ( $S$ ) задается в зависимости от решаемых задач, например, так как дно котлована должно быть сухим, в несовершенном котловане воду понижают до отметки ниже его дна [4]. Величина  $S$  определяется расчетом, исходя из условия:

*для котлована:*

$$1,5 \cdot h_{wk} > S > h_{wk} + h_k + 0,5,$$

где  $h_{wk}$  – высота столба воды в котловане до понижения, м;

$h_k$  – высота капиллярного поднятия, м.

$$1,5 \cdot 1,7 > S > 1,7 + 35,1 + 0,5$$

$$2,55 > S > 37,3$$

Условие не выполняется, значит водопонижение не нужно;

для траншеи:

принимается произвольно  $S = 0,5 \cdot hA1 = 0,5 \cdot 3 = 4,5$  м.

4. Радиус влияния водопонижения берется по табличным данным:  
 $R = 15$  м.

5. Расчет водопритока [4].

Приток воды к несовершенным выемкам проще всего определять, используя понятие об «активной зоне». Это часть водоносного горизонта, на которую распространяется влияние откачки. Мощность активной зоны непостоянная и зависит от величины водопонижения. Используя выявленные зависимости (по Е. А. Замарину), принимаем в расчетах:

для котлована (полное осушение) при  $S = hwk = 1,7$  м,

$$hA1 = 2 \cdot hwk = 2 \cdot 1,7 = 3,4 \text{ м};$$

для траншеи (частичное водопонижение) при  $S = 0,5 \cdot hwk = 0,5 \times 1,7 = 0,85$  м,

$$hA1 = 1,7 \cdot hwk = 2 \cdot 1,7 = 3,4 \text{ м.}$$

Короткий котлован рассматривается условно как «большой колодец». Его площадь котлована приравнивается к площади равновеликого круга, равной  $\pi \cdot r^2$ .

Определяется так называемый приведенный радиус «большого колодца»:

$$r0 = \sqrt{l \cdot b / (\pi \cdot r^2)} = \sqrt{30 \cdot 40 / 3,14} = 19,5 \text{ м.}$$

Радиус влияния «большого колодца»  $Rk$  определяют как сумму

$$r0 + R = 19,5 + 15 = 34,5.$$

Расчет притока в безнапорном горизонте:

$$Q = 1,37 \cdot k \cdot (hA12 - hA22) / (\lg Rk / r0) = 8,64.$$

В процессе выполнения земляных работ на строительной площадке, особенно если речь идет о копке котлованов, может возникнуть ситуация, когда требуется откачка воды. Это особенно актуально для котлованов, расположенных в областях с низким уровнем, называемых зонами депрессии. Когда уровень подземных вод или воды в прилегающих водоемах превышает отметку дна котлована, это приводит к заполняемости котлована водой, что затрудняет ведение строительных работ.

Снижение уровня грунтовых вод создает более безопасные условия для проведения строительных работ, позволяя инженерам и строителям сосредоточиться на качестве и устойчивости конструкций. Устойчивый грунт способствует надежности сооружений, уменьшает вероятность возникновения аварийных ситуаций и продлевает срок службы зданий. Более того, процесс водопонижения укрепляет структуру грунта, что значительно увеличивает его прочностные характеристики.

Таким образом, водопонижение позволяет предотвратить аварийные ситуации, обеспечить надежность конструкций и способствовать успешной реализации строительного проекта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Параскун, М. Е. Эксплуатация передвижных насосных станций / М. Е. Параскун, Д. И. Карадаян, В. В. Чубурков // Концепции, теория и методика фундаментальных и прикладных научных исследований: сб. ст. по итогам междунар. науч.-практ. конф., г. Тюмень, 14 февр. 2021 г. Стерлитамак: Агентство междунар. исслед., 2021. – С. 242–244.

2. Zhang K., Shi J. Pulsation simulation and energy consumption analysis of series pump valve cooperative control hydraulic system // International Journal of Fluid Power. 2021. Vol. 22, iss. 3. – P. 409–424. – <https://doi.org/10.13052/ijfp1439-9776.2236>.

УДК 631.47

## ОХРАНА ПОЧВ, ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОЧВЕННОГО МУЗЕЯ

**Р. И. МИРЗААДЕ**, канд. биол. наук

Министерство науки и образования Азербайджанской Республики  
Институт почвоведения и агрохимии,  
Баку, Азербайджан

**Аннотация:** Почвенные ресурсы республики будучи национальным богатством требуют также к ним бережного отношения. Учёт, оценку, всемирное сохранение и улучшение почв необходимо рассматривать как обязательную часть зональных, региональных, локальных систем земледелия и планов использования природных ресурсов. Поэтому охрана почв, их улучшение и повышение их плодородия – важнейшая задача почвенной и смежных с ней наук. Земледелие требует глубокой научной обоснованности, точности, тщательности в обращении с почвой. Особенно важно детализировать и учитывать природное районирование изучаемых территорий, хозяйств на основе

почвенно-экологического подхода. Охрана почв в целом природе в соответствии с глобальной деятельностью человека должна рассматриваться в биосферно-биогеоценологическом, т. е. экосистемном, аспекте.

Исследование механизмов рационального использования природных ресурсов, в том числе земельных угодий, требует необходимости разработки программ, позволяющих эффективно использовать окружающую среду. Необходимо создавать информационные центры, парки, зоологические и ботанические сады, полевые станции и музеи. В этом отношении работа почвенного музея имеет неопределимую научно-практическую значимость.

**Ключевые слова:** почва, охрана земель, музей, экспонаты, монолиты.

**Annotation:** The soil resources of the republic, being a national wealth, also require careful treatment. Accounting, assessment, worldwide conservation and improvement of soils must be considered as an obligatory part of zonal, regional, local farming systems and plans for the use of natural resources. Therefore, protecting soils, improving them and increasing their fertility is the most important task of soil and related sciences. Agriculture requires deep scientific validity, accuracy, and thoroughness in handling the soil. It is especially important to detail and take into account the natural zoning of the study areas and farms based on the soil-ecological approach. The protection of soils in nature as a whole, in accordance with global human activity, should be considered in the blasphemous - biogeocenological, i.e. ecosystem aspect.

The study of mechanisms for the rational use of natural resources, including land, requires the development of programs that allow the efficient use of the environment. It is necessary to create information centers, parks, zoological and botanical gardens, field stations and museums. In this regard, the work of the soil museum has invaluable scientific and practical significance.

**Key words:** soil, land conservation, museum, exhibits, monoliths.

**Введение.** В настоящее время почвенные ресурсы в глобальном понимании значительно ограничены как площади, так и по качеству. В результате направленной эксплуатации почв имеет место разрушение почв, утрата ими плодородия. При неправильном росте народонаселения наблюдается сокращение площади пашни на душу населения.

В конечном итоге всё это требует необходимости бережного и рационального использования почвенных ресурсов. Важнейшей проблемой рационального использования почвенных ресурсов является охрана почв. Глубокие знания в области охраны почвенного покрова – основа продуктивного земледелия.

Земля, таким образом, ценнейшее природное достояние, территория становления истории и формирования культуры населяющих её народов. Почвенный покров будучи предметом многосторонних интересов человека и объектом его труда вместе представляет собой важнейшую форму природных ресурсов и необъемный компоненты биосферы.

Однако почвенные ресурсы Азербайджана небеспредельны – они ограничены в зависимости, как от их эволюционного происхождения, так и от экогеографического пространства. Именно с этой точки зрения одной из важнейших проблем в настоящее время является эффективное использование земельного фонда и, конечно, сохранение его как основной части функциональной модели экосистемы.

Почвенный покров играет важную роль в накоплении разнообразных отходов хозяйственной жизнедеятельности человека. Сюда следует включить также и техногенные отходы. В целом, накапливаясь в почве, они вызывают загрязнение и нарушение его основных экологических функций.

**Объекты и методы исследования.** Поскольку данная статья посвящается глобальному по своей тематике вопросу охраны почв, мы попытались на примере почвенного музея охватить некоторые аспекты охраны почв Азербайджана. Поэтому, все наши обсуждения будут сосредоточены на основных типах почв республики.

Учитывая, что доминантные типы почв Азербайджана распределены и развиваются в характерных климатических условиях непосредственными объектами наших исследований были почвенные монолиты, собранные в почвенном музее Института Почвоведения и Агрохимии. Используя положительные подходы в музейном деле, мы комплексно подошли ко всем музейным экспонатам, разместив почвенные монолиты и почвенные образцы в демонстрационном блоке музея, сопровождая их описанием важных почвенных характеристик [7–11].

В почвенном музее собраны также фундаментальные научные труды по систематике и классификации почв [1, 5], а также по общей экологии почв [2–4].

Раздел техногенно-загрязненных почв занимает особое место в почвенном музее. Представленные монолиты нефтезагрязненных серо-бурых почв Апшерона характеризуют изменения в морфогенетическом профиле этих почв [5].

Одновременно указывается и на то, что нефтезагрязнение, кроме физико-химических, показателей изменяет также биологическую характеристику серо-бурых почв [6].

В почвенном музее проводят встречи с посетителями, школьниками, студентами, аспирантами знакомя их с научными достижениями и наследием Азербайджанских ученых.

**Обсуждение результатов.** Почва, как важная, составная часть экосистемы, регулирует биологический круговорот химических элементов всех уровней биосферы. Почвенный покров Азербайджана, это по сути дела музей под открытым небом. Характерные особенности географического распространения этих почв определяются своеобразием гидротермического режима, разнообразием группового и видового состава растительности и почвенной фауны.

Создание почвенного музея сводится не только для показа всего разнообразия почвенного покрова, но и определяется многоотраслевым характером сельского хозяйства республики. Поэтому собранные в почвенном музее экспонаты и демонстрационный материал представляют собой фундаментальный труд по результатам научно-исследовательских работ, проводимых в Институте почвоведения и агрохимии. Можно, таким образом, сказать, что все музейные экспонаты являются наглядным научным, информационно-справочным комплексом с учётом современного состояния изученности почвенного покрова, как важнейшего компонента биосферы.

Весь музейный комплекс отражает закономерности географического распространения почв, генетическое строение, физико-химические свойства, биологические и экологические показатели, современное состояние, эволюцию и прогноз их использования.

В музее каждый демонстрационный блок укомплектован монолитами почв, взятых из различных эко-географических регионов, сопровождаемыми описанием морфологических профилей в сочетании с фрагментами и панорамными фотоизображениями природных и агроландшафтов, а также обзорными картами: почвенных и природных зон.

В настоящее время по отдельным типам почв республики накоплен огромный научно-экспериментальный материал, который охватывает

важные проблемы по динамике почвенных процессов, состоянию плодородия, загрязнения, рекультивации, охраны почв, картографии. Подробно для каждого типа почв даётся химическая, физико-химическая характеристика, а также морфологическое описание, биоморфогенетические диагностические показатели основных типов почв для каждой ландшафтной зоны.

Поэтому основной задачей почвенного музея является ознакомление широкой аудитории специалистов с природными почвенными ресурсами и современным состоянием хозяйственного использования земель отдельных регионов республики. Профили почвенных монолитов типичных типов почв и подтипов представлены в виде цветных снимков до глубины 1,0 м.

Собранные в музее экспонаты должны помочь широкой общественности понять основные экологические принципы, вытекающие из использования человеком природных ресурсов и взаимодействия между человеком и окружающей его физической и биологической средой.

Необходимо полнее использовать средства массовой информации, создавать региональные музейные центры, где будут собраны не только экспонаты доминирующих типов почв, а также историко-этнографические и археологические материалы.

Считаем целесообразным в качестве примера привести данные по площади некоторых почв, имеющих важную охранную значимость (табл. 1).

Таблица 1. Площади почв мезофильных лесов

Почвы	тыс/га	% от общей площади почв
Горнолесные бурые	589510	91,1
Горнолесные дерново-карбонатные	57363	8,9

Сюда следует отнести и почвы зоны сухих ксерофильных лесов и кустарниковых степей (табл. 2).

Таблица 2. Площади почв сухих ксерофильных лесов

Почвы	тыс/га	% от общей площади почв
Горные черноземы	221,2	0,3
Горно-коричневые выщелоченные типичные и карбонатные	815,4	1,09
Горно-коричневые остепененные	56129	75,34
Лугово-коричневые	17339	23,27

Если учесть, что зона сухих субтропических степей и полупустынь расположена на высотах от 200–400 м характеризуется высокой освоенностью и занята богарными и орошаемыми культурами, то естественно эти почвы также требуют их правильной эксплуатации в сельском хозяйстве и проведения комплексных охранных мероприятий. Аналогично, такого научно-практического подхода требуют также в целом все орошаемые почвы республики.

**Выводы.** На основе собранного в почвенном музее демонстрационного материала в виде почвенных монолитов, почвенных образцов из различных эко-климатических зон Азербайджана теоретически обосновано приоритетное направление музея охраны почв.

Почвенный музей, в котором представлен демонстрационный материал по отдельным разделам почвоведения, агрохимии, а также антропогенно-изменённым почвам является необходимым научно-информационным центром.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Морфогенетическая диагностика, номенклатура и систематика почв Азербайджана / М. П. Бабаев, В. Г. Гасанов, Ч. М. Джафарова [и др.]. – Баку: Элм, 2011. – 448 с.
2. Волобуев, В. Р. Экология почв / В. Р. Волобуев. – Баку: изд. АНАЗ. ССР, 1963. – 260 с.
3. Мамедов, Г. Ш. Экология и окружающая среда / Г. Ш. Мамедов, М. Шахлиев. – Баку: Элм, 2004. – 414 с.
4. Мамедова, С. З. Экологическая оценка и мониторинг почв Ленкоранской области Азербайджана / С. З. Мамедова. – Баку: Элм, 2006. – 368 с.
5. Морфогенетические профили почв Азербайджана / М. Э. Салаев, М. П. Бабаев, Ч. М. Джафарова [и др.]. – Баку: Элм, 2004. – 205 с.
6. Биологическая характеристика техногенно загрязнённых почв / П. А. Самедов, Л. А. Бабабекова [и др.]. – Баку: Элм, 2011. – 105 с.
7. Мирзазаде, Р. И. Почвенный музей Азербайджана / Р. И. Мирзазаде. // Сохраним почвы России: материалы Междунар. науч. конф. – Новосибирск, 2008. – С. 85–87.
8. Mirzazade, R. I. Value of the Red Book in protection of soils of Azerbaijan, 9<sup>th</sup> International Soil Science Congress on “The Soul of Soil and Civilization”, 2014, Side, Antalya / Turkey. – P. 831–833.
9. Mirzazade, R. I. Protection of soils as the important problem of protection of the soil genofund of Azerbaijan, International Soil Science Congress on “Soil Science in International Year of Soils 2015”, 19–23 October, 2015. Sochi, Russia. – P. 288–290.
10. Mirzazade R. I., Hasanova T. A. Modern methods for application of soil standards on the basis of museum monoliths, 1<sup>th</sup> International Conference on innovative studies of contemporary sciences, April 1–3, 2023. – Paris. – P. 316–320.
11. Mirzazade, R. I., Hasanova T. A. Innovation methods of soil classification and organization of soil museum in Azerbaijan, International European conference on interdisciplinary scientific research, 2024. – Valencia, Spain.

## СИСТЕМНО-ДЕЯТЕЛЬНОСТНЫЙ ПОДХОД В ОБУЧЕНИИ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКЕ В ВУЗАХ

М. И. ПАПСУЕВА, ст. преподаватель  
С. Л. ВАСИЛЬКОВА, ст. преподаватель

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
Горки, Республика Беларусь

**Аннотация:** В настоящей работе представлены ключевые концептуальные положения, лежащие в основе обучения математике студентов высших учебных заведений на основе деятельностного подхода.

**Ключевые слова:** высшая математика, студенты технических направлений подготовки, предметная модель студента, методическая система обучения математике, деятельностный подход к обучению.

**Summary:** This paper presents the key conceptual provisions underlying the teaching of mathematics to students of higher educational institutions based on an activity-based approach.

**Keywords:** higher mathematics, activities approach to the teaching, students of technical directions of education, student's subject model, mathematics teaching methodical system.

Современное общество динамично меняется, что диктует необходимость оперативной модернизации образовательной сферы. Важно четко определить образовательные цели, принимая во внимание нужды и приоритеты государства, социума и каждого человека. Преподаватели средней и старшей школы уже активно применяют разнообразные методы организации обучения, базирующиеся на системно-деятельностном подходе. При этом они разрабатывают собственные уникальные методики преподавания.

Формирование системно-деятельностного подхода в науке опирается на работы ряда исследователей, среди которых: А. Г. Асмолов, подчеркивавший роль ориентированности на результат в качестве ключевого элемента, определяющего структуру деятельности; П. К. Анохин и Н. А. Бернштейн, акцентировавшие важность обратной связи для успешного достижения поставленных целей; Г. П. Щедровицкий, рассматривавший социальные явления как обусловленные целевыми установками, и другие ученые, внесшие вклад в развитие данной методологии [1].

А. Г. Асмолов в рамках системно-деятельностного подхода выделил пять ключевых компонентов: кадровый, экономический, мотива-

ционно-ценностный, целевой и операционально-технологический. По убеждению А. Г. Асмолова, системно-деятельностный подход не противоречит ЗУНовскому, ведь на операционально-технологическом уровне ЗУНовский подход является необходимым. Однако А. Г. Асмолов также акцентирует внимание на взаимосвязи компетенции, деятельности и компетентности, формулируя ее как «компетенция – деятельность – компетентность». Объективная реальность, выраженная в виде компетенции, обретает статус компетентности личности только через практическую деятельность. Именно эта формула раскрывает сущность компетентности: это знание, которое проявляется в действии. Компетентностный подход не ставит себя в противовес деятельностному, а наоборот, реализуется через него [1].

Системно-деятельностный подход основывается на ряде ключевых принципов: приоритет субъектности, учет ведущих видов деятельности и закономерностей их трансформации, внимание к сензитивным периодам развития, принцип со-трансформации, определение зоны ближайшего развития, принцип амплификации, который подразумевает обогащение, усиление и углубление развития, обязательная результативность каждого вида деятельности, а также обязательная рефлексивность всех действий.

Изучая сильные стороны системно-деятельностного подхода к педагогическому дискурсу, А. М. Каплуненко выявляет противоречие между желанием сторон вести диалог и неизбежным властным компонентом во взаимодействии участников. Автор подчеркивает, что стратегическая цель дискурса способствует его деятельностному характеру, однако сам центр дискурса как системы не определяется его содержательной целью. Гомеостаз дискурса в эволюционном развитии представлен тремя формами знания: концептом, понятием и термином. Системно-деятельностный подход к педагогическому дискурсу, по словам А. М. Каплуненко, не дает стопроцентной гарантии устранения противоречий и сложностей, однако его способность учитывать диалектические нюансы коммуникации позволяет предвидеть и проанализировать трудности и противоречия на всех этапах становления педагогического дискурса. А это – важное условие планирования устойчивого, эффективного диалога ...» [2].

Т. В. Живокоренцева в рамках компетентностного подхода выделяет инварианты содержания образовательной среды, которые обеспечивают формирование и развитие компетенций обучающихся через разрешение различных ситуаций. Она подчеркивает, что для описания такого содержания образования необходимо определить границы, внутри которых разворачивается вариативное содержание и достигается ожидаемый результат. Эти границы задаются ключевыми компе-

тенциями, которые могут быть сформированы на любом предметном материале, а также через практико-ориентированные ситуации.

Живокоренцева акцентирует внимание на качестве образовательных результатов, рассматривая их системно. К таким результатам она относит: личностные качества обучающегося, освоенные способы взаимодействия с миром в различных (не только учебных) ситуациях, умение оперировать знаниями (получать, хранить, применять, искать и создавать новые знания), способность решать разнообразные проблемы (познавательные, практические, личные, коммуникативные и др.).

Таким образом, компетентностный подход, по мнению автора, направлен на формирование у обучающихся не только предметных знаний, но и универсальных компетенций, которые позволяют эффективно действовать в различных жизненных ситуациях. Это требует интеграции теоретических знаний и практического опыта, а также ориентации на развитие личности обучающегося в целом [3].

М. А. Петрова в своих исследованиях анализирует различия и общие черты компетентностного и системно-деятельностного подходов в образовании, уделяя особое внимание смыслообразующей деятельности обучающихся. Она отмечает, что оба подхода направлены на формирование у учащихся способности к самостоятельной деятельности, осмыслению и применению знаний в реальных жизненных ситуациях. Однако между ними существуют и различия, которые касаются акцентов и способов достижения образовательных результатов.

Общие черты: ориентация на активную роль обучающегося, фокус на практическое применение знаний, развитие личностных качеств.

Отличительные особенности:

1. *Компетентностный подход:*

- акцент на формировании ключевых компетенций, которые позволяют учащимся эффективно действовать в различных сферах жизни.
- основное внимание уделяется результату образования – способности применять знания и навыки в конкретных ситуациях.
- компетенции рассматриваются как интегративные качества, включающие знания, умения, навыки, а также личностные и социальные аспекты.

2. *Системно-деятельностный подход:*

- основной акцент делается на процессе обучения, который строится как система последовательных действий, направленных на достижение образовательных целей.
- важное значение придается структуре деятельности, включающей мотивацию, целеполагание, планирование, выполнение и рефлексию.
- подход ориентирован на развитие способности учащихся к самообучению и саморазвитию через осмысление своей деятельности.

Смыслообразующая деятельность обучающихся:

Петрова подчеркивает, что оба подхода способствуют формированию у учащихся смыслообразующей деятельности, которая заключается в осознании целей и ценностей обучения, а также в умении связывать учебные задачи с личными интересами и жизненными целями. Это позволяет учащимся не только усваивать знания, но и находить личностный смысл в процессе обучения, что способствует более глубокому и осознанному освоению материала.

Таким образом, М. А. Петрова видит в компетентностном и системно-деятельностном подходах взаимодополняющие элементы, которые могут быть интегрированы для достижения более эффективных образовательных результатов [4].

Применяя системно-деятельностный подход, мы стремимся к осознанному самоопределению студентов в процессе комплексного изучения учебных дисциплин и выбора направлений для профессионального развития, что способствует формированию чувства успеха и уверенности в своих силах и деятельности. Опыт внедрения системно-деятельностного подхода в образовательный процесс позволяет наиболее эффективно подготовить бакалавров и магистров.

Исследование показывает, что текущее состояние и уровень научной проработки рассматриваемой проблемы неоднозначны и сложны. Это связано, главным образом, с большим количеством различных и порой противоречивых точек зрения на суть и значение системно-деятельностного подхода. Проще говоря, учёные не пришли к единому мнению о том, что система деятельности представляет собой и как её правильно понимать. Разнообразие интерпретаций затрудняет четкое определение и дальнейшее развитие данной области исследования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Асмолов, А. Г. Стратегия и методология социокультурной модернизации образования [Электронный ресурс] / А. Г. Асмолов. – 2011. – Режим доступа: <http://www.fio.ru/wp-content/uploads/2011/06/Стратегия-и-методологиясоциокультурной-модернизации-образования-с-приложениями.doc> (дата обращения: 25.03.2012).
2. Каплуненко, А. М. О преимуществах системно-деятельностного подхода к педагогическому дискурсу / А. М. Каплуненко // Вестник Иркутского государственного лингвистического университета. – 2012. – № 4. – С. 201–205.
3. Живокоренцева, Т. В. Вариативность образования: проблемное поле современных интерпретаций / Т. В. Живокоренцева // Вестник Иркутского государственного лингвистического университета. – 2012. – № 4. – С. 220–226.
4. Петрова, М. А. Отличительные особенности компетентностного и системно-деятельностного подходов в образовании / М. А. Петрова // Системно-деятельностный подход в разноуровневом вариативном образовании: проблемы, идеи, опыт реализации: материалы науч.-практ. интернет-конф. (Иркутск, 2–8 мая 2012 г.). – Иркутск: ИГЛУ, 2012. – С. 6–12.

## **ПРОБЛЕМЫ ОРОШЕНИЯ В МЕЛКИХ ХОЗЯЙСТВАХ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ В ЗОНАХ ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБЪЕДИНЕНИЙ ВОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ**

**М. А. РЗАЕВ**, советник

Агентство по развитию экономических зон,  
Баку, Азербайджан

**Аннотация:** Данная статья посвящена вопросам орошения в зонах обслуживания объединений водопользователей и особенностям ведения сельского хозяйства в мелких фермерских хозяйствах. На основе анализа и исследований предлагаются комплексные меры по совершенствованию орошаемого земледелия в этих хозяйствах за счет модернизации ирригационно-дренажной инфраструктуры, управления ОВП, создания сервисов для научно обоснованного ведения сельского хозяйства, для устойчивых доходов в зонах обслуживания ОВП с применением умных технологий.

**Ключевые слова:** орошаемое земледелие, мелкие хозяйства, ОВП, оросительная и дренажная сеть.

**Summary:** This article is devoted to the issues of irrigation in the service areas of Water Users Unions and the peculiarities of farming in small farms. Based on the analysis and research, comprehensive measures are proposed to improve irrigated agriculture in these farms by improving the irrigation and drainage infrastructure, WUU management, and establishment of services for scientifically justifying farming for sustainable incomes in WUU service areas using smart technologies.

**Keywords:** irrigated agriculture, small farms, WUU, irrigation and drainage network.

**Актуальность, объект и цель исследований.** Управление орошением в мелких хозяйствах имеют свои особенности с учетом свободного выбора структуры посевов и методов орошения со стороны фермеров. При существовании колхозов и совхозов, планирование и реализации земледелия осуществлялся под контролем управления колхозов, по утвержденными последовательностями плановых работ, которые служили в конечном итоге получения намеченных урожайности сельскохозяйственных культур.

Однако при переходе к мелкохозяйствованию, наблюдалось частичное разрушение технологической целостности оросительной системы, увеличение интенсивности межполивных дорог и каналов, что привели увеличение потерей воды и уменьшение КПД использование

земель. Основываясь на мировой практике, в Азербайджане было организовано и развивалось ОВП (объединение водопользователей) для ухода и обслуживания внутривладельческих оросительных и дренажных сетей и правильного распределения воды между фермерами [1]. Накопленный опыт показывает, что при нынешних условиях ведение орошаемого земледелия в зонах обслуживания ОВП не отвечает современным экологическим и экономическим требованиям. Объектом исследования является зона обслуживания ОВП, где проанализированы особенности и проблемы управления внутривладельческими ирригационно-дренажными сетями и предложено усовершенствование ирригационно-дренажной инфраструктуры и управление ОВП. Предлагаемой территорией для реализации пилотного проекта является выбранный ОВП Гойунбинаси в Евлахском районе страны.

Исследования проводились в 2023–2024 гг. в зонах обслуживания ОВП Евлахского района, где были собраны данные по детальности ОВП. Для получения достоверных данных были проведены обследование непосредственно на месте, собеседование с фермерами, руководителями ОВП, некоторые данные по оросительной и дренажной инфраструктурам были собраны на полях. Методически был применен комплексный подход для изучения условия ведения сельского хозяйства в зонах обслуживания ОВП. Более углубленные исследования проводились в ОВП Гойунбинаси, где планируется пилотный проект.

Факторы, которые влияют на успех ОВП, включают наличие финансовых ресурсов, вовлечение и поддержку сообщества, эффективную организационную коммуникацию и координацию, навыки и знания управленческой команды, соответствующую технологию и состояние ирригационной инфраструктуры, подотчетность и прозрачность в процессах принятия решений [2].

В случае стран Восточной и Центральной Европы с бывшей плановой экономикой реформа ирригации была проще из-за общности унификации рамок земельной, водной и сельскохозяйственной политики ЕС посредством принятой общей сельскохозяйственной политики, Рамочной директивы ЕС по водным ресурсам и других документов [ЕС, 2000; ЕС, 2003]. В развивающихся странах ситуация больше варьируется в зависимости от региона, благосостояния страны и стадии реформ. В развитых странах основная деятельность сосредоточена на водосберегающих технологиях и повышении производительности на уровне фермерских хозяйств, передача ирригационными системами не ограничивается только внутривладельческой сетью, но также и во вторичных и магистральных системах каналов в Японии, США, Италии. Размеры фермерских хозяйств относительно большие, что позволяет оптимизировать затраты на производство сельскохозяйственных культур [3].

В Грузии запланированные проекты восстановления внутрихозяйственных систем включают инвестиции на улучшение инфраструктуры, учета воды и контроля, а также на модернизацию систем управления и повышение квалификации персонала. С фермерами будут проводиться консультации на каждом этапе разработки проекта и реализация для обеспечения совместимости с местными потребностями и практикой [4]. Для содействия этому процессу планируется создание ОВП, с исключительными полномочиями распределение закупаемые оптовые поставки воды между фермерами и собирать тарифы на орошение [5].

Принимая во внимание изменение климата и сокращение водных ресурсов, в Иране правительство пришло к выводу, что создание ОВП является наилучшим способом управления водными ресурсами на местном уровне, который может решить многие проблемы, вызванные водным кризисом, передавая вопросы, связанные с водой [6]. Поэтому данная задача требует четкого определения ответственности ОВП, участия фермеров в решении вопросов экономии воды, устойчивости ОВП, уделения большего внимания женщинам и бедным, прозрачного процесса формирования органов управления ОВП [7].

В Турции ОВП имеют относительно долгую историю развития, с 2003 года государственная компания по водным делам (ДСИ) строит закрытые напорные системы орошения. При расширении на более крупные площади эти системы облегчают учет воды и способствуют распространению водосберегающих методов орошения [8]. После завершения восстановительных работ новые схемы бесплатно передаются в управление ОВП, но при условии, что расходы на подачу оросительной воды, эксплуатацию и техническое обслуживание полностью покрываются тарифами на оросительную воду, установленными в зоне обслуживания ОВП. К концу 2021 г. современные оросительные системы были увеличены до 29 %. Переход на современную закрытую систему – напорное трубное орошение – свел к минимуму потери при передаче, обеспечив 35 % экономии воды при дождевании и 65 % при капельном орошении [9]. После сравнительного анализа технического и финансового управления 42 АВП, работающих в сельскохозяйственных регионах трех средиземноморских стран – Италии, Испании и Турции – был сделан вывод о том, что потребление воды должно быть значительно сокращено как в Италии, так и в Турции. В Испании применение капельного орошения на уровне фермерских хозяйств близка или даже превышает 80 % [10].

Азербайджан характеризуется ограниченной площадью пахотных земель, сельскохозяйственные угодья сократилось с 1,09 га до 0,47 га, пахотные земли – с 0,38 га до 0,2 га соответственно с 1966 по 2022 гг. [11]. Создание ОВП и их развитие является попыткой поиска оптимальных решений для обеспечения фермерам прямого участия в

управлении ирригационной инфраструктурой и освобождения государства от дополнительной бюджетной нагрузки. Если по всей стране было зарегистрировано и функционировало 578 ОВП, то в 2023 г. их количество было оптимизировано и сокращено до 373, а уже к середине 2024 г. их количество сократилось до 320. Ключевым критерием объединения ОВП является гидравлическая способность внутрихозяйственных ирригационных систем управляться совместно.

Евлахский район расположен в Кура-Аразской низменности, сельское хозяйство в основном специализируется на выращивании зерновых и бобовых культур, хлопка, сахарной свеклы, картофеля, овощей, садоводстве и виноградарстве, животноводстве и птицеводстве. Ирригационная инфраструктура в районе состоит из системы земляных каналов. В районе создано 9 ОВП. Площадь обслуживания ОВП составляет 39757 га. Группы водопользователей в ОВП не организованы. Из-за систем земляных каналов наблюдается огромное количество потерь воды, что затрудняет равномерную подачу оросительной воды, точный водоучет. ОВП еще не укомплектованы профессиональным персоналом и знания фермеров в земледелии недостаточны. В связи с тем, что создание новой модели управления во всех зонах обслуживания ОВП Евлахского района требует длительного времени, изначально планируется реализовать пилотный проект на примере в зоне обслуживания ОВП Гоюнбинеси.

ОВП в селе создано в 2007 г. Основным источником оросительной воды является канал Карабах. Это магистральный канал протяженностью 172,4 км, эксплуатационный расход  $113 \text{ м}^3$ , который забирает воду из Мингечаурского водохранилища и орошает 122 000 га территорий Карабахской и Мильской равнин, в том числе 23 150 га сельскохозяйственных угодий в Евлахском районе.

В селе выращиваются люцерна, зерновые, подсолнечник, кукуруза, просо, сорго, фрукты и другие. Общая орошаемая площадь составляет 2800 га. Общая численность населения составляет около 3500 жителей. Количество фермеров-водопользователей составляет 320. Внутрихозяйственная ирригационная инфраструктура состоит из систем земляных каналов. Отсутствие или неудовлетворительное состояние водовыпусков, водоразделительных, водоподъемных и других гидротехнических сооружений приводит к неэффективным потерям воды и неравномерному распределению воды по орошаемым полям. Исследования на месте показали, что в некоторых местах отсутствуют металлические двери водовыпусков из-за их кражи, что вызывает серьезную обеспокоенность со стороны ОВП и фермеров.

Руководство ОВП состоит из членов правления (3 человека, включая председателя правления), ревизионной комиссии (5 человек) и 3 наемных лиц из числа водопользователей – исполнительного дирек-

тора, бухгалтера и полевого агента. В ОВП нет организованных групп водопользователей.

Тариф на воду, установленный ОВП, составляет 2 AZN/1000 м<sup>3</sup>. Уровень сбора за оросительную воду в течение года составляет около 70 %. Оставшаяся часть платы за воду обычно собирается в течение января-марта следующего года [12].

Предложенная ОВП модель управления под названием «Водно-фермерский союз» (ВФС), будет разработать проекта современной ирригационной сети и реализовать строительство, программного обеспечения с платформами управления, мониторинга, анализа, отчетности, статистики, искусственного интеллекта, подготовка и реализация дорог, линий электропередач, водопроводных сооружений, технических и административных зданий и других инфраструктурных проектов, формирование обслуживающей структуры, подбор и обучение персонала. Услуги будут включать водоснабжение, управление ирригационной сетью, подготовка планов и графиков орошения; объединение хозяйств под единым управлением, эксплуатация, обучение, развитие и защита от рисков; аренда и обслуживание переносного ирригационного и инновационного оборудования; агрономические услуги, анализ почвы и урожая, программы удобрения и борьбы с вредителями; обучение фермеров с привлечением экспертов по инновационным технологиям, знаниям и правилам ведения сельского хозяйства; проведение политики консолидации, специализации производства, а также формирование маркетинговой и сбытовой политики и мер поддержки фермеров.

В ходе обсуждения и собеседования среди 100 фермеров, больше 90 % фермеров выразили свое положительное мнение и согласие с реализацией проекта по комплексному подходу, а остальные фермеры выразили ожидательную позицию, против проекта не было ни одного фермера. Но они выразили включение улучшения компонента системы сельского водоснабжения в рамках запланированного проекта.

Ожидаемые результаты от новой модели управления выражаются в организации эффективного управления всеми ирригационными и сельскохозяйственными процессами из одного центра. Будет установлен точный учет, мониторинг и анализ затрат на доставку и распределение воды. Коллективное применение современных систем орошения на местах, планирование графиков орошения, кооперация, планирование видов культур в соответствии с наличием водных ресурсов будет способствовать наиболее эффективному управлению водными и сельскохозяйственными процессами и повысит производительность фермерского хозяйства.

Таким образом, углубляя процесс укрепления ОВП, правительство шаг за шагом освободится от дополнительного государственного бремени расходов на орошение и повысит приверженность и ответствен-

ность фермеров к непосредственному участию в эксплуатации и техническом обслуживании схем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рзаев, М. Меры по рациональному использованию водных ресурсов в зонах орошения Азербайджана в условиях изменения климата / М. Рзаев // Мелиорация. – 2023. – № 4 (106). – С. 68–42.
2. Ağızan, S., Bayramoğlu, Z., Ağızan, K., & Bozdemir, M. The role of institutional diversity in sustainable water use: Performance comparison among water user organizations // *Irrigation and Drainage*. – 2024. – P. 1–16.
3. Rzayev, M. A. (2015). Participatory irrigation management practices in Azerbaijan and future development needs // *Irrigation and drainage*. – 2015. – 64(3) – P. 326–339.
4. Natishvili, O. G., & Gubeladze, D. O. Strategy of irrigation systems in Georgia // *World science*. – 2018. – 2(2 (30)). – P. 4–6.
5. Georgian Amelioration. Irrigation Strategy for Georgia 2017-2025. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC171443/>.
6. Azizi, J. Investigating the role and effectiveness of local water use association (WUAs) in managing water resource// *International Journal of Water Resources and Arid environments-2023*. – 12 (1). – P. 56–66.
7. Nouri, M., Homae, M., Pereira, L. S., & Bybordi, M. Water management dilemma in the agricultural sector of Iran: A review focusing on water governance// *Agricultural Water Management* 2023- 288- 108480;
8. Kibaroglu, A. Türkiye’s Water Security Policy // *Insight Turkey*. – 2022. – 24(2). – P. 69–88.
9. Agricultural news abroad (26-08-2021). The rate of modern irrigation systems in Turkish agriculture rise to 94 percent. <https://www.agroberichtenbuitenland.nl/actueel/nieuws/2021/08/26/the-rate-of-modern-irrigation-systems-in-agriculture-rise-to-94-percent>.
10. Arslan, F., Córcoles Tendero, J., Rodríguez Díaz, J., & Zema, D. (). Comparison of irrigation management in water user associations of Italy, Spain and Turkey using benchmarking techniques. *Water Resources Management-2023-37(1)*. – P. 55–74.
11. Государственный комитет статистики Азербайджанской Республики. Сельское хозяйство. – <https://www.stat.gov.az/source/agriculture/>.
12. Результаты опроса по детельности ОВП «Гойунбинаси» Евлахского района // (Собранные данные автором). – 2024.

УДК 72.021

## ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

И. А. РОМАНОВ, канд. техн. наук

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
Горки, Республика Беларусь

**Аннотация:** В статье представлен систематизированный обзор современных систем автоматизированного проектирования (САПР). Рассмотрена ключевая проблема неоднородности САПР-рынка и предложена комплексная классификация по основным критериям: уровню автоматизации и назначению, предметной области применения, способу моделирования, типу лицензирования и масштабу проекта. Анализ

позволяет определить специализацию различных типов САПР и их функциональные возможности, что является критически важным для корректного выбора инструментария под конкретные инженерные или дизайнерские задачи.

**Ключевые слова:** информационное моделирование, автоматизация проектирование, САПР.

**Summary:** The article presents a systematic review of modern computer-aided design (CAD) systems. The key problem of CAD market heterogeneity is considered and a comprehensive classification is proposed based on the main criteria: automation level and purpose, subject area of application, modeling method, licensing type and project scale. The analysis allows us to determine the specialization of various CAD types and their functionality, which is critical for the correct selection of tools for specific engineering or design tasks.

**Key words:** CAD, CAM, CAE, PDM, PLM, BIM.

Современное проектирование и производство немислимы без использования систем автоматизированного проектирования (САПР). Однако термин «САПР» не является монолитным; он охватывает широкий спектр программных комплексов, разработанных для решения разнообразных задач в различных отраслях промышленности, строительства и других сферах. Разнообразие САПР обусловлено спецификой решаемых задач, уровнем автоматизации, предметными областями и технологиями. Понимание классификации САПР является фундаментальным для осознания их специализации, функциональных возможностей и грамотного выбора оптимального инструментария для конкретного проекта или этапа жизненного цикла изделия (ЖЦИ) [1].

Основной критерий классификации отражает специализацию системы на определенных этапах ЖЦИ и степень автоматизации процессов [2]:

CAD (Computer-Aided Design) / САПР (в узком смысле): Базовый уровень, обеспечивающий автоматизацию процессов создания конструкторской документации, 2D-чертежей и 3D-геометрических моделей. Примеры: AutoCAD, Компас-3D, BricsCAD.

CAM (Computer-Aided Manufacturing) / АСТПП (Автоматизированная Система Технологической Подготовки Производства): Системы, использующие 3D-модели CAD для автоматизированной генерации управляющих программ (УП) для оборудования с ЧПУ, промышленных роботов. Основная функция – технологическая подготовка производства.

CAE (Computer-Aided Engineering) / САЕ (Система Автоматизированного Инженерного Анализа): Инструменты для виртуального анализа и симуляции поведения спроектированных объектов, позволяю-

щие прогнозировать их свойства до физического изготовления. Включает:

FEM (Finite Element Method) / МКЭ (Метод Конечных Элементов): Анализ прочности, жесткости, теплопередачи, вибраций.

CFD (Computational Fluid Dynamics): Моделирование потоков жидкостей и газов (аэродинамика, гидродинамика).

Multibody Dynamics (MBD): Анализ кинематики и динамики многозвенных механических систем.

Topology Optimization: Автоматизированная оптимизация формы детали для минимизации массы при сохранении требуемых прочностных характеристик.

CAPP (Computer-Aided Process Planning) / АСТП (Автоматизированная Система Технологического Проектирования): Системы для автоматизации разработки технологических процессов изготовления (ТПИ), включая определение последовательности операций, выбор оборудования, оснастки, инструментов, режимов обработки.

PDM (Product Data Management) / СУИД (Система Управления Инженерными Данными): Информационные системы для организации, централизованного хранения, управления версиями, контроля доступа и отслеживания изменений всей инженерной информации (модели, чертежи, спецификации, отчеты).

PLM (Product Lifecycle Management) / СУЖЦП (Система Управления Жизненным Циклом Продукта): Стратегический информационный подход и комплексные системы, охватывающие и интегрирующие все этапы ЖЦИ – от концепции и проектирования (CAD, CAE) до производства (CAM, CAPP), эксплуатации, сервиса и утилизации. PLM-системы выступают в роли интегрирующей платформы для CAD/CAM/CAE/PDM и других систем, управляя процессами и данными на всем протяжении ЖЦИ.

BIM (Building Information Modeling) / ТИМ (Технология Информационного Моделирования): Специализированный подход и системы для строительной отрасли (АЕС). Основаны на создании интеллектуальной параметрической 3D-модели здания/сооружения, содержащей не только геометрию, но и семантическую информацию о свойствах, материалах, стоимости, сроках, эксплуатационных характеристиках всех элементов. Позволяет координировать работу всех участников проекта.

Специализация САПР определяется отраслью и типом проектируемых объектов [2]:

Машиностроительные САПР (MCAD): Для проектирования деталей, узлов машин, механизмов, агрегатов. Акцент на твердотельном моделировании, сборках, кинематике, прочностных расчетах. Примеры: SolidWorks, Компас-3D, Siemens NX, CATIA, PTC Creo, Inventor.

Архитектурно-строительные САПР (AEC CAD/BIM): Для проектирования зданий, сооружений, инфраструктуры. Акцент на архитектурных элементах, строительных конструкциях, инженерных сетях (ОВиК, ЭС, ВК), генеральных планах. Примеры: AutoCAD Architecture, Revit (BIM), ArchiCAD (BIM), Allplan, Tekla Structures.

Геоинформационные системы (ГИС): Для сбора, хранения, анализа, управления и визуализации пространственных (географических) данных. Применяются в картографии, градостроительстве, геологии, экологии, сельском хозяйстве, транспорте. Примеры: ArcGIS, QGIS (Open Source), MapInfo.

САПР электроники (EDA – Electronic Design Automation): Для проектирования электронных устройств: схемотехники, печатных плат (PCB), интегральных схем (IC). Примеры: Altium Designer, Cadence Allegro/OrCAD, KiCad (Open Source), Mentor Xpedition/PADS.

САПР для промышленного дизайна: Ориентированы на создание сложных свободных форм (NURBS-поверхности), высококачественную визуализацию, оценку эргономики. Примеры: Rhinoceros 3D (с Grasshopper), Autodesk Alias, KeyShot.

Отраслевые специализированные САПР: Существуют решения, учитывающие специфику судостроения (NAPA, FORAN), авиа- и ракетостроения (CATIA, Siemens NX – специализированные модули), производства мебели и др.

Метод создания геометрической модели определяет возможности системы [3]:

2D-системы: Работа основана на создании и редактировании двумерных чертежей и схем. Исторически первые САПР. Примеры: ранние версии AutoCAD, nanoCAD, многие ГИС.

3D-системы: Позволяют создавать трехмерные модели. Подразделяются на:

Каркасные (Wireframe): Моделируют объект с помощью линий и точек (ребер и вершин). Не содержат информации о поверхностях или объеме.

Поверхностные (Surface Modeling): Определяют объект через его внешние оболочки (поверхности). Позволяют создавать сложные криволинейные формы.

Твердотельные (Solid Modeling): Создают модели, представляющие собой полный объем объекта. Наиболее распространены, поддерживают булевы операции, параметризацию, расчет физических свойств (масса, инерция).

Гибридные: Сочетают различные подходы (напр., твердотельное моделирование основных форм с поверхностным моделированием сложных обводов). Классификация САПР по типу лицензирования и распространения

Коммерческие (Проприетарные): Распространяются на платной основе (постоянные лицензии, подписка). Предоставляют полный функционал, техническую поддержку. Составляют большинство профессиональных решений. Примеры: AutoCAD, SolidWorks, CATIA, Revit, NX.

Бесплатные (Freeware) / С открытым исходным кодом (Open Source): Доступны для использования без оплаты. Open Source системы позволяют модифицировать исходный код. Часто имеют ограниченный по сравнению с коммерческими аналогами функционал или ориентированы на специфические задачи. Примеры: FreeCAD, LibreCAD, QGIS, KiCad, Blender (для 3D-моделирования / визуализации).

Также САПР можно классифицировать по размеру и сложности проекта:

Десктопные САПР: Устанавливаются и работают на локальных компьютерах пользователей. Подходят для большинства индивидуальных и средних проектов. Примеры: Большинство САД-систем (SolidWorks, Inventor, Компас-3D).

Облачные САПР (Cloud CAD): Основная часть вычислений и хранение данных происходят на удаленных серверах. Доступ осуществляется через веб-браузер или тонкий клиент. Обеспечивают легкую коллаборацию, доступ из любого места, снижают требования к локальному железу. Примеры: Onshape, Fusion 360 (гибридная модель), AutoCAD web app.

Интегрированные программные комплексы: Наборы взаимосвязанных программ от одного вендора, обеспечивающие сквозную работу над проектом (например, от концепции в Alias до анализа в Nastran и производства в CAM). Примеры: Autodesk AEC Collection, Dassault Systèmes 3DEXPERIENCE platform, Siemens Xcelerator.

Представленная классификация современных систем автоматизированного проектирования демонстрирует их значительное разнообразие и специализацию. САПР давно вышли за рамки простой замены кульмана и эволюционировали в комплексные инструменты, охватывающие весь жизненный цикл изделия или сооружения – от первоначальной идеи и инженерного анализа до производства, эксплуатации и управления данными.

Выбор оптимальной САПР или их комбинации напрямую влияет на скорость разработки, качество продукции, сокращение издержек и, в конечном итоге, на конкурентоспособность предприятия в условиях цифровой трансформации промышленности и строительства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Талапов, В. В. Технология BIM. Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий / В. В. Талапов. – Саратов: ДМК Пресс, 2015.

2. Пунько, А. И. Системы автоматизированного проектирования: пособие / А. И. Пунько. – Минск: БГАТУ, 2024. – 104 с.

3. Раков, А. П. Параметрическое проектирование в дизайне и архитектуре / А. П. Раков, А. С. Павлюк, Е. С. Шафрай // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство: сб. ст. 81-й Всерос. науч.-техн. конф., Самара, 15–19 апр. 2024 г. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2024. – С. 747–754.

УДК 631.459:631.472.71(476.4)

## **ВЛИЯНИЕ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ**

**О. В. ТИШКОВИЧ**, ст. преподаватель

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** деградация почв, водная эрозия, агрохимические показатели, почвы.

**Аннотация:** В работе представлены результаты исследований влияния водной эрозии на агрохимические показатели почв. Потеря гумуса, элементов питания растений, ухудшение водно-физических свойств эродированных почв приводят к снижению их плодородия и производительной способности.

**Key words:** soil degradation, water erosion, agrochemical indicators, soils.

**Summary:** The paper presents the results of studies of the influence of water erosion on agrochemical indicators of soils. The loss of humus, plant nutrition elements, deterioration of the water-physical properties of eroded soils lead to a decrease in their fertility and productive capacity.

В качестве объекта полевых исследований выступают дерново-палево-подзолистые в разной степени эродированные легкосуглинистые почвы, сформированные на покровных лессовидных суглинках, расположенные на территории землепользования РУП «Учхоз БГСХА» Горецкого района Могилевской области, представляющие в геоморфологическом отношении единую почвенно-эрозионную катену. На водораздельной равнине расположена неэродированная почва, в верхней части склона – слабо- и среднеэродированная, в средней части – сильноэродированная, в подножье склона – намытая почва. Выбор ключевых почвенно-геоморфологических катен для исследования

и анализа агрохимических свойств почв разной степени эродированности определялся, в первую очередь, масштабами и интенсивностью проявления водно-эрозионных процессов, генезисом почвообразующих пород.

На основании отчетных данных хозяйства по состоянию на 01.01.2022 г., общая площадь землепользования составила 12310,0 га, из них сельскохозяйственных земель – 10894 га, в том числе пахотных – 8441,0 га (из них эродированных – 4140,0 га), луговых – 2408,0 га (в том числе улучшенных – 1594,0 га). Освоенность сельскохозяйственных земель составляет 88,5 %, распаханность – 77,5 %. Балл плодородия пахотных земель составляет 31,8, сельскохозяйственных земель – 30,7. Балл плодородия почв по культурам колеблется от 27,5 (картофель) до 42 (лен). Одним из главных негативных видов деградации на территории хозяйства являются водно-эрозионные процессы.

Известно, что характерной особенностью рельефа Горецкого района является образование большого количества суффозионных западин – «блюдец», достигающих до 100 м и более в диаметре и глубины 5 м, поверхность очень сильно изрезана оврагами, балками, промоинами. Многочисленные западины, овраги на лессовом плато затрудняют эффективное использование пахотных земель, способствуют развитию эрозии почв [1]. Данный факт также необходимо учитывать при разработке мероприятий по эффективному использованию пахотных земель.

Уменьшение содержания гумуса в почве в связи с эрозией является интегральным показателем уровня снижения плодородия почв [2].

Горецкий район расположен на территории центральной почвенно-экологической провинции. Дерново-палево-подзолистые легкосуглинистые почвы, сформированные на покровных лессовидных суглинках, являются господствующими и репрезентативными для Оршанско-Мстиславского почвенного экологического района [2].

На территории Горецкого района водной эрозии подвержено 23645,5 га (38,4 %) пахотных земель, из них слабоэродированные – 10842,1, среднеэродированные – 5132,0, сильноэродированные – 92,4, с намытым верхом – 7579,0 га [3].

Согласно данным агрохимической характеристики почв 13 и 14 туров, содержание подвижного фосфора по Горецкому району заметно снизилось с 210 мг/кг (2013–2016 гг.) до 179 мг/кг (2017–2020 гг.). За период между турами обследований содержание подвижного калия также снизилось с 220 до 204 мг/кг. По содержанию гумуса между турами наблюдалось повышение с 2,04 % до 2,09 % [4, 5].

Почвенные образцы отбирались в полевых опытах из пахотного слоя почвы, в которых определяли необходимые показатели: гумус – по методу И. В. Тюрина в модификации ЦИНаО (ГОСТ 26213-84); обменная кислотность рН (KCl) – потенциометрический (ГОСТ 26483-85); содержание подвижного фосфора – по Кирсанову на фотоэлектроколориметре (ГОСТ 26207-84); содержание подвижного калия – по Кирсанову на пламенном фотометре (ГОСТ 280207-84); отбор проб – ГОСТ 26483-85.

Установлено что, вследствие развития водно-эрозионных процессов, происходит не только трансформация почвенных профилей, ухудшение агрофизических свойств, но и значительно ухудшаются агрохимические показатели эродированных почв.

При проведении исследований были заложены катены, которые включали почвенные разрезы на различных элементах склона – от неэродированных до разной степени эродированных. Стоит отметить, что с увеличением степени эродированности почв гумусовый горизонт уменьшается. Под влиянием развития водной эрозии изменяется почвенный профиль, агрофизические, агрохимические и другие показатели почв. В процессе вспашки пахотный горизонт эродированных почв формируется за счет иллювиальных горизонтов, а в некоторых случаях и почвообразующей породы, в результате чего все это отрицательно влияет на агрофизические и агрохимические свойства почв. Значительные изменения происходят в плотности сложения почвы, величина которой зависит от содержания органического вещества, гранулометрического и агрегатного состояния. Изменения агрохимических показателей почвы приведены в таблице.

**Агрохимические свойства в разной степени эродированных дерново-подзолистых почв (Ап), развивающихся на мощных легких лессовидных суглинках**

Степень эродированности почвы, катена	рН <sub>KCl</sub>	Гумус, %	Запасы гумуса в почве		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			т/га	% к неэродированной		
Неэродированная, 1	4,18	1,90	48,9	100,0	252,9	152,0
Неэродированная, 2	4,90	2,08	53,5	100,0	272,0	129,6
Слабоэродированная, 1	4,84	1,80	48,4	98,9	186,1	122,0
Слабоэродированная, 2	4,22	1,72	46,2	86,4	200,2	109,7
Среднеэродированная, 1	6,01	1,44	38,6	78,9	164,0	116,1
Среднеэродированная, 2	4,82	1,44	39,2	73,2	186,5	101,8
Сильноэродированная, 1	5,90	1,10	30,5	62,4	127,5	116,0
Сильноэродированная, 2	3,84	0,91	25,2	47,1	107,3	61,6

Исследования проводились методом постановки полевых опытов.

В связи с тем, что в настоящее время становится все более интенсивным и агрессивным воздействие человека на окружающую среду, возрастает риск экологического кризиса. В Республике Беларусь значительные площади почв подвержены водной эрозии.

Таким образом, объект исследования характеризуется заметным изменением агрофизических и агрохимических свойств почв в пахотном горизонте склоновых почв пахотных земель, в результате развития водно-эрозионных процессов, при этом главная выявленная закономерность – это снижение содержания гумуса и элементов питания с увеличением степени эродированности почвы, что в целом подтверждает полученные ранее выводы исследователей, масштабы развития которой требуют всестороннего и комплексного исследования последствий ее проявления.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Клебанович, Н. Г. Почвы Беларуси – наше богатство / Н. Г. Клебанович // Земля Беларуси. – 2015. – № 2. – С. 51–61.
2. Почвы Республики Беларусь / под ред. В. В. Лапы. – Минск, 2019. – 632 с.
3. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практ. пособие / Г. И. Кузнецов, Н. И. Смян, Г. С. Цытрон [и др.] / под ред. Г. И. Кузнецова, Н. И. Смяна. – Минск: Оргстрой, 2001. – 432 с.
4. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2013–2016 гг.) / И. М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И. М. Богдевича; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 275 с.
5. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2017–2020 гг.) / И. М. Богдевич [и др.]. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2022. – 275 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Аскерова Г. Ф.</b> Антропогенное влияние на морфогенетические показатели почв современных агроландшафтов.....	3
<b>Афанасенко Е. В., Афанасенко Д. Е., Миранович А. В.</b> Комбинированная поверхностная пневмовибродинамическая обработка электромагнитных покрытий при упрочнении нежестких деталей машин в магнитном поле.....	9
<b>Мисько В. Г., Афанасенко Е. В., Афанасенко Д. Е.</b> Свойства покрытий после магнитно-электрического упрочнения и лазерной обработки.....	12
<b>Боровиков А. А.</b> Инженерное образование в современных условиях: вызовы и пути решения.....	20
<b>Вагапова А. Р., Калиева К. Е., Набиоллина М. С.</b> Ультразвуковой расходомер-счетчик «Взлет МР» для учета объема воды.....	24
<b>Василькова С. Л., Папсуева М. И.</b> Прикладные задачи на занятиях по дисциплине «Высшая математика».....	33
<b>Васильева Н. В., Васильев В. В.</b> Определение фазового состава и зависимости, характеризующей компрессионные свойства биогенных грунтов.....	37
<b>Васильева Н. В.</b> Сжимаемость биогенных грунтов.....	46
<b>Гасьмова В. Х., Бабаева Р. Ф.</b> Антибиотическое средство, обладающее антивирусным и антигрибковым действием при заболевании сельскохозяйственных культур.....	50
<b>Гуц И. Д.</b> Сравнительный анализ расчета прогиба методом интегралов Мора и правилом Верещагина.....	54
<b>Дубина А. В.</b> Технология строительства модульных домов.....	57
<b>Лукашевич В. М., Дятлов В. В.</b> Мелиорация земель как фактор инновационного развития сельскохозяйственного производства и укрепления продовольственной безопасности.....	60
<b>Жакупова Ж. З., Оралбекова Ж. Ж., Алдаш А. А., Әлімқожа Д. А., Әлтай А. Қ.</b> Обводнение пастбищных территорий Казахстана для устойчивого развития сельского хозяйства.....	64
<b>Ишангалиев Т. С., Пак Д. Я.</b> Применение инновационной технологии для уменьшения потерь воды на оросительных каналах.....	73
<b>Кукреш А. С., Дуброва Ю. Н.</b> Влияние орошения и бактериальных препаратов на показатели фотосинтетической деятельности многолетних бобово-злаковых трав....	77
<b>Кукреш А. С., Дуброва Ю. Н., Данькова С. Б.</b> Видовой состав травостоя в зависимости от агроклиматических условий: актуализация данных и перспективы....	81
<b>Кукреш А. С., Дуброва Ю. Н., Данькова С. Б.</b> Современные аспекты эксплуатации мелиоративных систем и их экологическое воздействие.....	84
<b>Кукреш А. С., Дуброва Ю. Н., Данькова С. Б.</b> Динамика уровня почвенно-грунтовых вод при длительной эксплуатации дренажных систем.....	87
<b>Курзенков С. В., Курзенкова В. С.</b> Роль практико-ориентированных задач в современном образовании.....	90
<b>Липатов С. Е.</b> Расчет водопонижения на строительной площадке.....	95
<b>Мирзаде Р. И.</b> Охрана почв, приоритетное направление почвенного музея.....	100
<b>Папсуева М. И., Василькова С. Л.</b> Системно-деятельностный подход в обучении высшей математике в вузах.....	106
<b>Рзаев М. А.</b> Проблемы орошения в мелких хозяйствах и пути их решения в зонах обслуживания объединений водопользователей.....	110
<b>Романов И. А.</b> Обзор современных систем автоматизированного проектирования.....	115
<b>Тишкович О. В.</b> Влияние водной эрозии почв пахотных земель на агрохимические показатели.....	120