

Р. К. Багбеков, А. Н. Богданов, Ю. В. Фельдшеров, А. А. Шахназаров

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ГИДРОИЗОЛИРУЮЩИХ ПОЛИМЕРНО-МИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СОЗДАНИИ ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ КАЗАХСТАНА

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. Приводятся результаты практического применения отработанных в лабораторных условиях технологий водосбережения на основе внедрения в почву полимерно-минеральных смесей, образующих водонепроницаемые слои. Указанные мероприятия проводятся в целях обустройства разномасштабных искусственных водоемов (водохранилищ) в полевых условиях засушливых районов и районов сезонного природного поступления воды на земли, используемые в сельскохозяйственных целях.

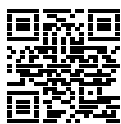
Ключевые слова: искусственные водоемы, орошение, водоснабжение, водосбережение, полимерные материалы, минерально-полимерные смеси, строительство водохранилищ, экология

Багбеков Ринат Каримович, научный сотрудник НИИ механики МГУ имени М. В. Ломоносова

Богданов Андрей Николаевич, ведущий научный сотрудник НИИ механики МГУ имени М.В.Ломоносова; e-mail: bogdanov@imec.msu.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9541-0579>

Фельдшеров Юрий Владимирович, ведущий инженер НИИ механики МГУ имени М. В. Ломоносова

Шахназаров Александр Арамович, заведующий лабораторией НИИ механики МГУ имени М. В. Ломоносова



для цитирования: Багбеков Р. К., Богданов А. Н., Фельдшеров Ю. В., Шахназаров А. А. Опыт внедрения гидроизолирующих полимерно-минеральных материалов при создании искусственных водоемов в полевых условиях Казахстана // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. 2025. № 1(63). С. 15–28. DOI: 10.37972/chgpu.2025.63.1.004. EDN: UIIQAD

Статья опубликована на условиях лицензии *Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)*.

R. K. Bagbekov, A. N. Bogdanov, Yu. V. Feldsherov, A. A. Shakhnazarov

EXPERIENCE OF IMPLEMENTATION OF WATERPROOFING POLYMER-MINERAL MATERIALS IN CREATION OF ARTIFICIAL WATER RESERVOIR IN FIELD CONDITIONS OF KAZAKHSTAN

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. The article presents the results of practical application of water conservation technologies tested in laboratory conditions based on introduction of polymer-mineral mixtures into the soil, forming water-impermeable layers. The specified measures are carried out for the purpose of arrangement of different-scale artificial reservoirs (water reservoirs) in the field conditions of arid regions and regions of seasonal natural water inflow to lands used for agricultural purposes.

Keywords: artificial reservoirs, irrigation, water supply, water conservation, polymeric materials, mineral-polymer mixtures, construction of reservoirs, ecology.

Rinat K. Bagbekov, Research Fellow, Lomonosov Moscow State University

Andrey N. Bogdanov, Leading Research Fellow; e-mail: bogdanov@imec.msu.ru;
<https://orcid.org/0000-0001-9541-0579>

Yuri V. Feldsherov, Leading Engineer, Lomonosov Moscow State University

Alexander A. Shakhnazarov, Head of Laboratory, Lomonosov Moscow State University



to cite this article: Bagbekov R. K., Bogdanov A. N., Feldsherov Yu. V., Shakhnazarov A. A. Experience of implementation of waterproofing polymer-mineral materials in creation of artificial water reservoir in field conditions of Kazakhstan // Vestn. Chuvash. Gos. Ped. Univ. im. I.Ya. Yakovleva Ser.: Mekh. Pred. Sost. 2025. No 1(63). p. 15–28. DOI: 10.37972/chgpu.2025.63.1.004

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение. В настоящее время этап перехода от инвентаризации природы к управлению землепользованием считается уже пройденным [1]. В этой связи одним из актуальных направлений прикладной механики природных процессов становится поиск методов решения проблем предшествующего неадаптивного природопользования, их катастрофических последствий, ставших широко распространенным бедствием. Одним из существенных проявлений современного экологического кризиса является истощение пресных вод во многих сельскохозяйственных регионах.

В условиях современных реалий проведения научно-исследовательских работ и применения их результатов требуется не только теоретический вывод из проведенного исследования, но и значимый практический результат от его последующего внедрения.

В природопользовании особо важное значение в настоящее время приобретает именно рациональное использование природных ресурсов. Правильно решенная задача, как и успешно преодоленная проблема в этой области дают надежный ориентир в разрешении вопросов, поставленных практическим земледелием и водопользованием и связанными с ними отраслями народного хозяйства.

Одним из вариантов обустройства долговременных водоаккумулирующих и водосберегающих бассейнов в полевых условиях является создание водонепроницаемых слоев на дне и боковых поверхностях имеющегося природного или искусственно созданного водоема, препятствующих потерям воды от ее просачивания через границы водоема в грунт. Этот способ является перспективным и более предпочтительным, поскольку другие известные способы использования для водозадержания искусственных пленок, природных пород и т.п. недолговечны, уязвимы к механическим повреждениям, недешевы.

При том, что преимущества строительства искусственных водоемов очевидны, они не указаны среди предлагаемых технических способов восполнения недостатка пресной воды, в то время как приведены следующие варианты [1]:

- Опреснение соленой воды;
- Межбассейновое перераспределение речного стока (поворот рек!);
- Использование айсбергов Антарктики;
- Использование высокогорных ледников путем организации форсированного снеготаяния;
- Бурение сверхглубоких скважин;
- Создание искусственных подземных резервуаров воды; к преимуществам этого технического решения отнесены снижение потерь воды на испарение, перевод поверхностных стоков в подземные (особенно в периоды избытка атмосферных осадков), использование трещиноватости плотных горных пород, создание специальных гидравлических ситуаций откачки воды из выбранных слоев и усиление ее фильтрации в другие слои.
- Искусственное увеличение атмосферных осадков;
- Очистка сточных вод;
- Организация оборотного водоснабжения;

- Экономия водных ресурсов.

Аккумуляции воды в открытых водоемах косвенно способствует возникновению ряда дополнительных преимуществ такого водопользования. К ним можно отнести улучшение физико-химических свойств воды, например, ее обезжелезивание (подземные воды часто имеют повышенное содержание растворенного железа; в условиях открытого контакта воды с воздушной атмосферой оно естественным образом окисляется атмосферным кислородом и выпадает в виде твердых осадков), очищение воды от механических примесей при отстаивании и т.д.

1. Материалы и методы исследования. Авторы исходили из следующего. Полимерно-минеральные материалы (далее – ПММ) создаются в НИИ механики МГУ уже несколько десятилетий [2], на них получены патенты [3]. Давая этим материалам общую характеристику, важно отметить их уникальность. По своему составу созданные ПММ есть твердое взаимодействующее с водой вещество, с присущими только ему свойствами – оно не горит, не имеет токсичных свойств, не подвергается разложению микроорганизмами. Его основу составляют глинообразный минерал и органический полимер, во взаимодействии начинающие играть роли, приводящие к проявлению у образующейся смеси гидронепроницаемых свойств, необходимых для ее использования в гидроизоляционных целях, для которых она была создана.

К настоящему времени создан ряд ПММ с гидроизолирующими свойствами.

1. Универсальный ПММ – “Кавеласт” [4]. Уникальной является его способность при достаточном увлажнении увеличивать свой пространственный размер (объем) до 50 раз. Водопоглощение не зависит от размера составляющих ПММ “Кавеласт” частиц, физико-химическое качество воды (жесткость, щелочно-кислотность и т.п.) влияет на скорость водопоглощения при набухании (наибольшее наблюдается у дистиллированной), но не бывает критически значимым. Изменение электролитических характеристик воды (наличие электрозаряженных частиц) также не является определяющим в этих работах.

Составляющие ПММ “Кавеласт” компоненты, глина и полимер, по разному образуют и, затем, стабилизируют этот материал. После его формирования он физически не является больше ни глиной, ни полимером, ни их простой механической смесью. Минеральные частицы глины можно рассматривать как матричную основу, в сухом состоянии обеспечивающую высокую механическую прочность ПММ “Кавеласт”, а при увлажнении превращая его в твердое пластично деформируемое тело в гелеобразном состоянии.

В свою очередь, молекулы полимера обеспечивают прочные связи всех составляющих частей в формацию устойчивых композитных макрочастиц с единой микрогетерогенной структурой. Сближение глино-полимерных флоккул (*lat. floculi* клочья, хлопья) – относительно крупных хлопьевидных скоплений твердых примесей в жидкости – путем удаления разделяющей их воды приводит к

установлению дополнительных связей между всеми составляющими ПММ “Кавеласт” компонентами. По-видимому, эти межфлюккулярные связи не являются химическими ковалентными, а представляются действием межмолекулярных сил Ван-дер-Ваальса – Лондона. Такая целостная микрогетерогенная сетчатая структура присуща и сухому, и влагонасыщенному состоянию ПММ “Кавеласт” в гелеобразной форме. Отметим, что вода в данном случае не выступает ни в качестве растворителя, ни в качестве смазки. Самопроизвольный переход частиц ПММ “Кавеласт” мелкой фракции в окружающую водную среду предотвращается межмолекулярными связями. Наличие свободных молекул полимера в воде при использовании ПММ “Кавеласт” также не наблюдалось. Сохранение целостности структуры и всего комплекса свойств ПММ “Кавеласт” при сильном измельчении, последовательном увлажнении и высушивании, нагревании до температур плавления полимера, замораживании и оттаивании считается определенно установленным. Лабораторные исследования показали, что связывание молекул полимера с минеральными частицами является необратимым и осуществляется адсорбционными силами.

2. После разработки ПММ первого поколения по инициативе специалистов НИИ механики МГУ были продолжены работы по созданию новых ПММ целевого назначения. Эти работы преследовали также цели упрощения технологии промышленного выпуска материалов, удешевления их производства, улучшения качества в достижении решения именно назначенных задач (индивидуализация целей ПММ) и т.д.

Для выполнения высокоэффективной гидроизоляции подземных сооружений в промышленно-гражданском строительстве, строительстве гидротехнических сооружений – дамб, плотин, прокладке каналов, обустройстве водохранилищ, резервуаров и т.д. был разработан ПММ “Натлен”. Этот ПММ представляет собой сухую смесь из фракционно отобранных песков и водонабухающих добавок. ПММ “Натлен” промышленно выпускается согласно ТУ 5745-012-01373565-02, сертифицирован, имеет санитарно-эпидемиологическое заключение). Гидроизолирующие свойства ПММ “Натлен” основаны на других принципах, нежели у ПММ “Кавеласт”. Внесенный в сухом виде в грунт, при поступлении к нему воды он растворяется в ней, образуя гелеобразную гидронепроницаемую смесь.

К основным преимуществам ПММ “Натлен” относятся:

- ПММ “Натлен” имеет высокую эффективность как водоизолирующий материал, слой ПММ толщиной 5 см выдерживает статическое давление до 100 м вертикального водяного столба;
- ПММ “Натлен” допускает укладку на влажные поверхности;
- ПММ “Натлен” не образует трещин при статических и динамических нагрузках, не имеет стыков;
- ПММ “Натлен” не токсичен, экологически чист;
- ПММ “Натлен” имеет высокую стойкость к неполярным жидкостям (нефть, масла, бензин) и другим воздействиям;

- ПММ “Натлен” морозостоек, выдерживает не менее 200 циклов промерзания/оттаивания, пучение при промерзании находится в промежутке показателей песка и супеси.

Специалистами НИИ механики МГУ была разработана промышленная технология высокопроизводительного выпуска нужного количества ПММ, не требующая специализированного оборудования, проведения трудоемких подготовительных работ или использования сложных технологических процессов и процедур.

Технология выработки ПММ была усовершенствована путем введения специальных добавок, хорошо показала себя также предварительная обработка составляющих компонентов – глины и полимера.

Цвет ПММ (хотя он совсем несущественен для его успешного применения в гидроизоляционных целях) задается оттенками исходной минеральной основы (сырья).

Разработана модификация ПММ “Натлен” – ПММ “Натлен-2” – для приготовления гидроизолирующей пасты, предназначенной для ликвидации течей в подземных сооружениях (коллекторы, тоннели метрополитена, шахты, убежища гражданской обороны, подземные хранилища, гаражи и т.п.). В готовом состоянии паста на основе ПММ “Натлен-2” не твердеет и всегда находится в мягко-пластичном состоянии, допускает изменение характеристик вязкости в широких пределах, не образует трещин при статических и динамических нагрузках, имеет высокую проникающую и тампонирующую способность, свободно подается в назначенное место по шлангам подачи и не засоряет их.

Для гидроизоляционных работ ПММ “Натлен” постоянно применяется с 2000 года. После его разработки специалистами НИИ механики МГУ был проведен цикл лабораторных исследований гидроизолирующих свойств смесей природного грунта разного качества и свойств с ПММ “Натлен”, изготовленным по специальной технологии. Оптимальные параметры водонепроницаемого слоя с использованием ПММ “Натлен” для создаваемого водоема были ранее определены в ходе лабораторных экспериментов.

2. Экспериментальная отработка нормативов на толщину гидроизолирующего слоя. Математическое моделирование процессов фильтрации в природных грунтах достаточно сложно, требует больших временных затрат и дополнительной валидации и верификации полученных сведений в эксперименте. В целях настоящего исследования в настоящее время оно полностью сведено к разработке физической модели, после чего заменено натурным экспериментом, осуществление которого вполне выполнимо в обычных лабораторных условиях на имеющейся в НИИ механики МГУ экспериментальной базе.

В целях определения влияния неблагоприятных погодных или иных природных условий была проведена серия испытаний водонепроницаемых свойств слоя при разнохарактерном изменении внешнего давления и высоты водного столба над грунтом (повышение, понижение).



Рис. 1. Лабораторная установка для определения параметров водоизолирующего слоя

Эксперименты проводились в лаборатории биомеханики. В специальную герметизированную колбу (рис. 1) с регулируемым давлением засыпался слой грунта, на который укладывался водонепроницаемый слой из смеси ПММ “Натлен” с нижерасположенным грунтом в различных пропорциях ПММ “Натлен” / грунт около базового соотношения 35 / 65. Толщина водоизолирующего слоя изначально составляла 10 см с последующим уплотнением до достижения 70% толщины исходного слоя. Давление плавно изменялось до величин, соответствующих давлению на глубине водоема от 1 до 57 м. В процессе эксперимента контролировалось просачивание воды через нижний слив колбы. Отсутствие просачивания свидетельствовало о надежном сохранении водонепроницаемым слоем своих гидрофобных свойств при данных давлениях. Эксперименты позволили провести оценку запаса прочности водонепроницаемого слоя.

Проведенные эксперименты показали надежность водонепроницаемого слоя в отношении опасности образования в нем при изменении внешнего давления механических повреждений – разрывов, трещин или им подобных дефектов, нарушающих его водоизоляционные свойства. Фиксации нарушений такого рода не было.

3. Результаты лабораторного исследования. Лабораторные эксперименты показали универсальность применения ПММ “Натлен” в смесях с различными природными грунтами – для всех вариантов был получен положительный эффект – уложенный слой ПММ “Натлен” определенной (рассчитанной) толщины надежно демонстрировал свои гидроизоляционные свойства.

4. Опыт внедрения технологии создания искусственных водоемов. Создание искусственных водохранилищ с использованием гидроизоляционных слоев из смесей ПММ и грунта на поверхностях водоема является не первым опытом для специалистов НИИ механики МГУ. Ранее, в 1991–1993 годах, искусственные водоемы с использованием ПММ “Кавеласт” были созданы в греческой префектуре (номе) Флорино (Западная Македония).

Водоемы располагались на равнинной поверхности, почва представляла собой супесь с примесью глины. Гидроизолирующий ПММ был привезен из Москвы. Поверхность водоемов составила 15 000, 55 000 и 20 000 кв. м, глубина – до 6 м, поскольку аккумулируемая вода предназначалась для полива теплолюбивых растений и должна была прогреваться. Источником воды служили артезианские скважины, водные потоки сезонного характера, атмосферные осадки.

Водоемы успешно функционируют до сих пор.

5. Характеристика почв Отырарского района Туркестанской области Республики Казахстан. Используя данные о почвах Казахстана [5], в отношении почвы в Отырарском районе Туркестанской области Республики Казахстан можно сказать следующее.



Рис. 2. Вид площадки обустройства водоема

В Казахстане преобладает равнинный рельеф местности, составляющий 86% территории республики. На равнинах выделяются три типа почв: черноземы (располагаются до 52°с.ш.), каштановые (между 52 и 48°с.ш.), бурые и серо-бурые (южнее 48°с.ш.). Бурые и серо-бурые почвы занимают 120 млн га, или 44% территории республики. Содержание гумуса в этих почвах 2,0-1,0%. Основное направление сельскохозяйственной деятельности на таких почвах – животноводство, земледелие возможно лишь на орошаемых землях.

Почвы южных районов Казахстана подвержены ветровой эрозии. Это обусловлено, во-первых, равнинным рельефом этой части Казахстана, во-вторых, частыми сильными ветрами и, в-третьих, легким весовым составом почвы (песчаным, супесчаным). Хозяйственная деятельность, в частности, обустройство искусственных водоемов, на таких землях требует особой тщательности в проработке предлагаемых к осуществлению мероприятий по землеустройству.

6. Внедрение результатов исследования в Туркестанской области Казахстана. Определение надежных характеристик гидроизоляционного слоя с использованием ПММ “Натлен” позволило в мае 2022 года создать искусственный водоем объемом 1280 куб. м.

Работа была выполнена в Отырарском районе Туркестанской области Республики Казахстан.

Геометрически водоем представлял собой перевернутую усеченную пирамиду с основанием 25х30 м и глубиной до 2,6 м. Угол наклона боковых стен от горизонта составлял не более 25,4 градусов и оказался универсален для любых типов водоемов. Такой уровень наклона боковых стенок гарантировал отсутствие сползания содержащих ПММ “Натлен” слоев с ограничивающих водоем поверхностей.

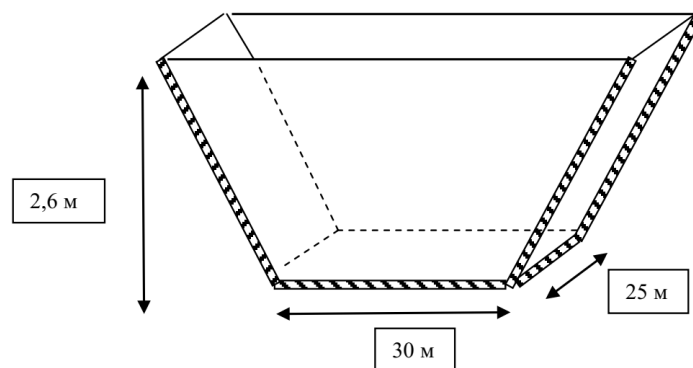


Рис. 3. Схема водоема

7. Этапы обустройства водоема. Выборка грунта при рытье котлована под водоем после предварительной разметки была выполнена экскаватором. Последующая планировка почвы произведена колесным бульдозером К-700 (гусеничная техника сильно нарушает целостность поверхности почвы). Выполнена доработка котлована вручную.

Перед выполнением смешивания с ПММ “Натлен” грунт предварительно просеивался через механические сита Ø 5 мм для достижения однородности смеси. Механическое смешивание грунта и ПММ “Натлен” осуществлялось в автоматических бетономешалках. Уложенный слой ПММ “Натлен” толщиной 10 см уплотнялся ручным катком весом 150 кг шириной 1,5 метра до толщины 70% исходного. После такой укатки механическое воздействие от прохода человека средней массы тела на укатанном слое ПММ “Натлен” не оставляло следа. Заметим здесь, что заполняющая водоем вода в дальнейшем оказывает дополнительное уплотняющее воздействие. Укатанный слой ПММ “Натлен” покрывался слоем почвы такой же толщины. Дно водоема было дополнительно забетонировано для удобства дальнейшего удаления осадков, выпадающих из природной воды или заносимых в водоем другими путями. Был также обустроен боковой бетонный заход (заезд) в водоем. Берега водоема были дополнительно укреплены бетонной отмосткой шириной до одного метра по всему периметру.

Отметим ряд общих требований и рекомендаций к проведению водоаккумулирующих мероприятий. Работы по обустройству водоема невозможно проводить во время сезона дождей из-за набухания почвы. В засушливые периоды жаркого сезона грунт превращается в легко переносимую ветрами пыль, подлежащую уплотнению трамбовкой. Наилучшие условия для проведения работ в Казахстане с октября по февраль.

Конкретные особенности строительства водоема в соответствии с имеющимися условиями местности, почвы, климата и т.д. определяются специалистами по строительству. Основными обстоятельствами в общем случае являются два обстоятельства.

- Во-первых – близость естественных источников воды – рек, каналов, артезианских скважин и т.п. Источники воды могут быть сезонными. На случаи засушливых сезонов следует предусмотреть дополнительные возможности поступления воды – из подземных источников.
- Во-вторых – близость земель, орошение которых планируется.
- Среди прочих обстоятельств, которые следует учесть – удаленность древесных насаждений, поскольку водоём будет засоряться опадающей листвой и терять свои качества.

Использованная в описанном случае технология предельно проста. Заполнение обустроенного водоема производилось из двух артезианских скважин глубиной 90 метров и через трубу Ø100 мм из близ расположенного оросительного канала.



Рис. 4. Котлован водоема. Для возможности очистки дна водоема от постороннего мусора был предусмотрен мостовой заход со спусковыми лестницами, опоры которого видны на фото

Для контроля эффективности работы водонепроницаемого слоя рядом с бассейном был выкопан колодец такой же, что и бассейн, глубины. При заполнении бассейна осуществлялось заполнение водой и колодца, после чего производились наблюдения сохранности воды в нем. Вода быстро уходила из него в почву.

При том, что ПММ “Натлен” относительно слабо набухает в соленой или жесткой воде, это обстоятельство не является и не явилось препятствием в реализации поставленной задачи успешного создания и дальнейшего длительного устойчивого функционирования созданного водоема, а требует только перерасчета необходимого количества ПММ “Натлен” и достаточного времени на набухание.

Площадь водной поверхности бассейна составила 775 кв.м. По данным эксплуатирующей организации, ТОО “НПЦ инновационных технологий КЗ” убыль воды от испарения в августе 2023 года составила 78 куб.м (6%) при средней температуре $32 \div 36$ °C, влажности $18 \div 29\%$, скорости ветра $4 \div 5$ м/с.



Рис. 5. Укатка ручным катком боковых откосов котлована



Рис. 6. Бетонирование дна водоёма

Авторы особо подчеркивают то обстоятельство, что при любой, возможно немалой, себестоимости использованного при обустройстве водоема ПММ “На-тлен”, основным доводом в пользу его применения является обеспечиваемая им долговечность функционирования сооруженного по такой технологии водоема, позволяющее при минимальных расходах на дальнейшее техническое обслуживание бассейна иметь стабильный запас воды. Такие перспективы гарантируют экономическую оправданность средств, потраченных на обустройство водоема.



Рис. 7. Водоем в Отырарском районе Туркестанской области Республики Казахстан в процессе заполнения. Видна конфигурация береговых откосов, береговая бетонная отмостка, съезд в водоем, ограда водоема.

8. Заключение. Разработанная экспериментальная методика определения параметров водоизолирующего слоя из смесей грунта и ПММ позволяет надежно рассчитывать параметры водонепроницаемых слоев для любых типов предоставленных почв с площадей, предусмотренных к обустройству искусственного водоема.

Разработанную технологию создания искусственных водоемов можно успешно применять для обустройства водоотводящих каналов, ремонта и укрепления их стенок и т.п.

Важным обстоятельством является экологическая безопасность примененных полимерно-минеральных материалов.

Проведенные работы должны способствовать дальнейшему технологическому прогрессу в сфере рационального водопользования.

Создание искусственного успешно функционирующего водоема приводилось в пример удачного внедрения передовых технологий рационального землепользования на проведенных в 2023 году в Казахстане региональных научных мероприятиях [6].

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Исследование выполнено в рамках государственного задания МГУ имени М.В.Ломоносова.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. All authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding. The study was carried out within frameworks of the state assignment of the Lomonosov Moscow State University.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Розанов Б. Г. Основы учения об окружающей среде: Учеб. пособие. Москва : Изд-во Моск. ун-та, 1984. С. 376.
- [2] Цатурян А. К., Шахназаров А. А. Лаборатории механики природных процессов и биомеханики // Институт механики 60 лет / Под ред. Г. А. Любимов. Москва : КДУ, Университетская книга, 2019. С. 290.
- [3] Григорян С. С., Гулакян К. А., Шахназаров А. А. Способ получения полимер-минерального композита. 1992. Бюллетень №3, 23.01.1992.
- [4] Кавеласт: достижения и перспективы / С. С. Григорян [и др.] // Избранные проблемы современной механики / Под ред. В. А. Садовничий. Москва : Издательство Московского университета, 2011. Т. 2. С. 180–183.
- [5] Агрогидрологические свойства почв Казахстана : Справочник / Под ред. В. Г. Затыльников, др. ; Каз. респ. упр. по гидрометеорологии и контролю природ. среды, Алма-Ат. гидрометеорол. обсерватория. Алма-Ата : Б. и., 1980. С. 197.
- [6] Богданов А. Н. Современные технологии рационального водопользования для народного хозяйства Средней Азии и Казахстана // Международный Научно-производственный семинар "Внедрение полимерно-минеральных материалов в сельское хозяйство Туркестанской области". Туркестан, Kazakhstan, 2023. ноябрь.

REFERENCES

- [1] Rozanov B. G. Fundamentals of Environmental Studies: Textbook. Moscow : Moscow University Press, 1984. P. 376. (In Russian).
- [2] Tsaturyan A. K., Shakhnazarov A. A. Laboratories of Mechanics of Natural Processes and Biomechanics // Institute of Mechanics: 60 Years / Ed. by G. A. Lyubimov. Moscow : KDU, Universitetskaya Kniga, 2019. P. 290. (In Russian).
- [3] Grigoryan S. S., Gulakyan K. A., Shakhnazarov A. A. Method for Producing Polymer-Mineral Composite. 1992. (Bulletin No. 3, 23.01.1992. In Russian).
- [4] Kavelast: Achievements and Prospects / S. S. Grigoryan [et al.] // Selected Problems of Modern Mechanics / Ed. by V. A. Sadovnichy. Moscow : Moscow University Press, 2011. Vol. 2. P. 180–183. (In Russian).
- [5] Agrohydrological Properties of Soils in Kazakhstan: Reference Book / Ed. by V. G. Zatylnikov [et al.] ; Kazakh Republican Administration for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, Alma-Ata Hydrometeorological Observatory. Alma-Ata : N.P., 1980. P. 197. (In Russian).
- [6] Bogdanov A. N. Modern Technologies of Rational Water Use for the National Economy of Central Asia and Kazakhstan // International Scientific and Industrial Seminar "Implementation of Polymer-Mineral Materials in the Agriculture of Turkestan Region". Turkestan, Kazakhstan, 2023. November. (In Russian).