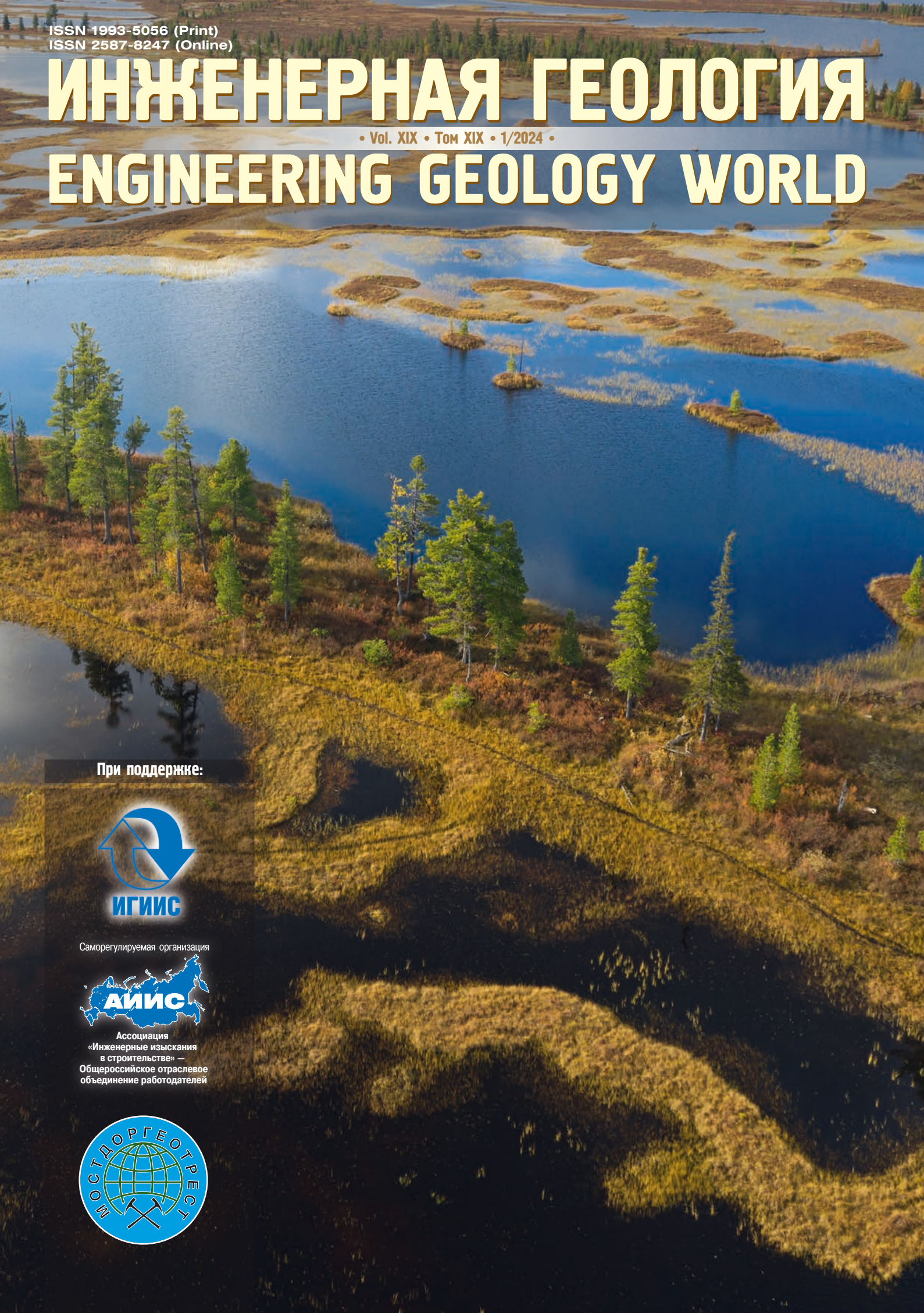
ISSN 1993-5056 (Print)
ISSN 2587-8247 (Online)

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

• Vol. XIX • Том XIX • 1/2024 •

ENGINEERING GEOLOGY WORLD



При поддержке:

ИГИИС

Саморегулируемая организация

АИИС

Ассоциация
«Инженерные изыскания
в строительстве» —
Общероссийское отраслевое
объединение работодателей

МОСТДОРГЕОТРЕСТ

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Международный научный журнал

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Издается с мая 2006 г.
Выходит 4 раза в год.

ISSN: 1993-5056 (Print), ISSN: 2587-8247 (Online)
Префикс DOI: 10.25296

В журнале публикуются статьи ведущих специалистов в различных отраслях инженерной и экологической геологии. Основные темы — история, теория и методология инженерной и экологической геологии, грунтоведение, инженерная геодинамика, региональная инженерная геология, механика грунтов, техническая мелиорация грунтов, инженерная геология криолитозоны, гидрогеологические исследования, инженерная геофизика, сохранение памятников культуры и многие другие вопросы.

УЧРЕДИТЕЛЬ

ООО «Геомаркетинг», 115088, РФ,
Москва, ул. Машиностроения 1-ая, д. 5

ИЗДАТЕЛЬСТВО

ООО «Геомаркетинг», 115088, РФ,
Москва, ул. Машиностроения 1-ая, д. 5

РЕДАКЦИЯ

Богданова Наталья Дмитриевна
Генеральный директор

Лысенкова Екатерина Александровна
Литературный редактор

Кашкина Марина Сергеевна
Отдел рекламы и отдел подписки

АДРЕС РЕДАКЦИИ

ООО «Геомаркетинг»
115088, РФ, Москва, ул. Машиностроения 1-ая, д. 5
Тел. +7 495 210-63-90
E-mail: info@geomark.ru
http://geomark.ru

ИП Гилманов М.А.
Допечатная подготовка, дизайн и верстка

ТИПОГРАФИЯ

ООО «Вива-Стар»,107023, РФ, г. Москва,
ул. Электрозаводская, д. 20

Свидетельство о регистрации средства массовой информации:
ПИ № ФС77-48918 от 12 марта 2012 г.

Подписка может быть оформлена в редакции, через ГК «Урал-Пресс», ООО «Агентство "Книга-Сервис"», ООО «Прессинформ» (подписной индекс 38889).

Электронная версия: www.geomark.ru/our_journal/inzhenernaya-geologiya/

https://elibrary.ru/title_about.asp?id=28249

Подписано в печать 30.03.2024.

Формат издания 50x70/8. Бумага матовая. Печать офсетная.

Тираж 1 500 экз.

В статьях представлена точка зрения авторов, которая может не совпадать с мнением редакции журнала.

За содержание рекламных материалов редакция ответственности не несет.

© ООО «Геомаркетинг», 2024

Фото на обложке: https://www.istockphoto.com/

ГРУНТОВЕДЕНИЕ

Балыкова С.Д., Трофимов В.Т., Андреева Т.В.
Особенности просадочности грунтов погребенных почв циклитно построенных толщ лессовых пород Северной Евразии 6

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

Королев В.А., Галкин А.Н.
Особенности эколого-геологических систем массивов торфяных грунтов Белоруссии 24

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ КРИОЛИТОЗОНЫ

Комаров И.А., Кияшко Н.В., Мироненко М.В., Никитин К.А., Латыпова А.Э.
Криогенный метаморфизм засоленных многолетнемерзлых пород и криопэгов п-ова Ямал 46

Хименков А.Н., Кулаков А.П., Сергеев Д.О.
Особенности инженерно-геокриологических условий природно-технических систем автомобильных дорог, эксплуатируемых на территории криолитозоны 60

ПРИЛОЖЕНИЕ

Хаустов А.П.
О монографии «Биотехнологии в инженерной геологии» 74

КНИЖНОЕ ОБОЗРЕНИЕ

Трофимов В.Т.
Развитие теоретического базиса инженерной геологии и ее научных направлений 76

Трофимов В.Т., Королев В.А.
Инженерная геодинамика 76

Перечень научных специальностей с указанием соответствующих им отраслей науки, которым соответствует основное содержание рецензируемого научного издания:

1.6.1. Общая и региональная геология. Геотектоника и геодинамика (геолого-минералогические науки);
1.6.6. Гидрогеология (геолого-минералогические науки);
1.6.7. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение (геолого-минералогические науки);
1.6.7. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение (географические науки);
1.6.7. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение (технические науки);
1.6.8. Гляциология и криология Земли (географические науки);
1.6.9. Геофизика (геолого-минералогические науки);
1.6.9. Геофизика (физико-математические науки);
1.6.9. Геофизика (технические науки);
1.6.21. Геоэкология (геолого-минералогические науки);
1.6.21. Геоэкология (технические науки);
2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения (технические науки);
2.1.10. Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства (технические науки);
2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика (технические науки).

SOIL SCIENCE

Balykova S.D., Trofimov V.T., Andreeva T.V.
Features of buried soils subsidence in cyclitically constructed loess strata in Northern Eurasia 6

ECOLOGYCAL GEOLOGY

Korolev V.A., Galkin A.N.
Features of ecological-geological systems of peat soils in Belarus 24

ENGINEERING GEOLOGY OF PERMAFROST

Komarov I.A., Kiyashko N.V., Mironenko M.V., Nikitin K.A., Latypova A.E.
Cryogenic metamorphism of saline permafrost and cryopegs of the Yamal Peninsula 46

Khimenkov A.N., Kulakov A.P., Sergeev D.O.
Features of engineering-geocryological conditions of natural and technical highway systems of the cryolithozone 60

SUPPLEMENT

Khaustov A.P.
About the monograph "Biotechnology in engineering geology" 74

BOOK REVIEW

Trofimov V.T.
Development of the theoretical basis for engineering geology and its scientific directions 76

Trofimov V.T., Korolev V.A.
Engineering geodynamics 76

Cover photo: https://www.istockphoto.com/

ENGINEERING GEOLOGY WORLD

International scientific journal

The journal is included in the Russian List of peer-reviewed scientific publications, which should publish the main scientific results of dissertations for the degree of Candidate of Science and Doctor of Science.

Published since May 2006.
Issued 4 times a year.

ISSN: 1993-5056 (Print), ISSN: 2587-8247 (Online)
Prefix DOI: 10.25296

The journal publishes articles of leading experts in the field of engineering and ecological geology. The main topics are history, theory and methodology of engineering and ecological geology, soil science, engineering geodynamics, regional engineering geology, soil mechanics, technical melioration of soils, engineering geology of cryolithozones, hydrogeological investigations, engineering geophysics, preservation of cultural monuments and many other issues.

FOUNDER

Geomarketing LLC, 115088, Russian Federation, Moscow, Mashinostroyeniya 1st St., Bld. 5

PUBLISHER

Geomarketing LLC, 115088, Russian Federation, Moscow, Mashinostroyeniya 1st St., Bld. 5

JOURNAL EDITORING

Natalia D. Bogdanova
General Director

Ekaterina A. Lysenkova
Literary Editor

Marina S. Kashkina
Advertising Department and Subscription Department

CONTACTS

Geomarketing LLC
115088, Russian Federation, Moscow,
Mashinostroyeniya 1st St., Bld. 5
Tel. +7 495 210-63-90
E-mail: info@geomark.ru
http://geomark.ru

Individual entrepreneur Gilmanov M.A.
Prepress, Design and Layout

PRINTING HOUSE

Vivastar LLC; 20 Electrozavodskaya St,
Moscow, 107023, Russian Federation (RF)

Certificate of registration of mass media: PI № ФС77-48918 12 March 2012.

Subscription can be issued in the editorial board, through Ural-Press Group of Companies,"Kniga-Service" Agency LLC, and Pressinform LLC (subscription index 38889).

Electronic version: www.geomark.ru/our_journal/inzhenernaya-geologiya/

https://elibrary.ru/title_about.asp?id=28249

Signed in print 30 March 2024.

Edition format 50x70/8. Matte paper. Offset printing.

Edition 1 500 psc.

The article presents the authors' point of view, which may not coincide with the opinion of the editorial board.

The editorial board is not responsible for the content of advertising materials.

© Geomarketing LLC, 2024

О МОНОГРАФИИ «БИОТЕХНОЛОГИИ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ»

ХАУСТОВ А.П.
Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, г. Москва, Россия, akhaustov@yandex.ru
Адрес: ул. Миклухо Маклая, д. 6, г. Москва, 117198, Россия

ABOUT THE MONOGRAPH “BIOTECHNOLOGY IN ENGINEERING GEOLOGY”

ALEXANDR P. KHAUSTOV
Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia; Moscow, Russia; akhaustov@yandex.ru
Address: Bld. 6, Miklukho-Maklaya St., 117198, Moscow, Russia

В 2023 г. в издательстве Пермского государственного национального исследовательского университета была опубликована монография В.Т. Хмурчика, Н.Г. Максимовича и В.В. Середина «Биотехнологии в инженерной геологии». Авторы являются сотрудниками лаборатории геологии техногенных процессов Естественнонаучного института и кафедры инженерной геологии и охраны недр геологического факультета университета.

Данное издание подводит итог исследований авторов, проводимых на стыке двух наук — микробиологии и инженерной геологии. То, что живая и неживая природа Земли тесно взаимодействуют и составляют единую систему, было показано еще в работах В.И. Вернадского. Согласно его учению, все компоненты биосферы взаимосвязаны на геохимическом уровне. Помимо этого, В.И. Вернадский подчеркивал глобальную роль микроорганизмов в круговороте веществ. Повсеместность распространения микроорганизмов в окружающей среде и изменение ими состава и свойств «того жидкого или твердого субстрата, на или в котором они живут и из которого черпают все необходимые для своего развития вещества» приведены В.О. Таусоном в работе 1948 г. «Великие дела маленьких существ». В 1962 г. данные по микробиологическому преобразованию геологической среды были обобщены в монографии советских микробиологов С.И. Кузнецова, М.В. Иванова и Н.Н. Ляликовой «Введение в геологическую микробиологию», переведенной в 1963 г. на английский язык и изданной за рубежом. К настоящему времени геологическая деятельность микроорганизмов в окружающей среде и их роль в круговороте химических элементов обобщены в трудах H.L. Ehrlich «Geomicrobiology» (1995) (книга выдержала несколько изданий в США), а также советского и российского микробиолога Г.А. Заварзина «Лекции по природоведческой микробиологии» (2003). В 2008 г. сотрудниками Уральского отделения РАН, Пермского государственного университета и Пермского государственного технического университета А.А. Обориным, В.Т. Хмурчиком, С.А. Илларионовым, М.Ю. Маркаровой, А.В. Назаровым была издана монография «Нефтезагрязненные биоценозы (процессы образования, научные основы восстановления, медико-экологические проблемы)», в которой были изложены основы микробной и растительной биотехнологий рекультивации нефтезагрязненных почвенных и водных экосистем. Однако изучение воздействия микроорганизмов на свойства грунтов, использование микроорганизмов для их улучшения не получили пока должного развития — этими направлениями занимается достаточно ограниченное число исследователей. При этом большее внимание уделяется изучению негативного воздействия микроорганизмов на свойства грунтов, а именно — снижению его прочностных и деформационных свойств. Здесь среди отечественных авторов следует выделить профессора Санкт-Петербургского горного университета Р.Э. Дашко, в т.ч. ее монографию «Геотехника и подземная микробиота», написанную в соавторстве с Д.Ю. Власовым и А.В. Шидловской в 2014 г. В то же время за рубежом начали активно развиваться исследования по изменению свойств грунтов биологическими методами, получившие обобщающее название «биогеотехнологии». Рецензируемое издание — первая из отечественных работ, в которой не только рассмотрены результаты зарубежных исследований, но и приведены собранные авторами данные по изменению свойств грунтов в заданном направлении с помощью микроорганизмов.

Монография состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, включающего 436 наименований работ отечественных и зарубежных авторов.

В первой главе издания кратко дана история становления технической мелиорации грунтов как науки, рассматриваются проблемы и задачи, стоящие перед ней. Акцентируется внимание на положениях, сформулированных профессором С.Д. Воронкевичем, в т.ч. о том, что современные методы закрепления грунтов должны опираться на механизм, при котором осуществляется воссоздание веществ близких к природным и их распределение в природной среде, и что природные механизмы отвечают современным требованиям охраны геологической среды. По мнению авторов, такими методами закрепления массивов грунтов могут быть процессы, осуществляемые микроорганизмами грунтовых массивов в месте их непосредственного обитания. В главе дано общее представление о воздействии микроорганизмов на твердую, жидкую и газовую компоненты грунтов. Рассмотрены основные подходы при использовании биотехнологических методов применительно к объектам окружающей среды — биостимуляция и биодополнение микробных сообществ. В последнем разделе главы предлагается пошаго-

вый алгоритм методологии формирования свойств массива грунтов биотехнологическими методами, основанной на использовании его микробного сообщества.

Во второй главе описывается биотехнологический способ формирования состава твердой компоненты грунтов с заданными свойствами. Рассматривается общее воздействие микроорганизмов на твердую компоненту и изменение вследствие этого прочностных и фильтрационных характеристик грунтов. Описывается процесс осаждения кальцита в природе, в т.ч. при участии микроорганизмов, рассмотрены факторы, влияющие на его протекание. Приведены примеры использования микроорганизмов в биотехнологических способах осаждения кальцита для цементации грунтового массива. На основе авторских исследований показаны очередность проводимых лабораторных и полевых работ для снижения коэффициента фильтрации песчаных грунтов с целью повышения защищенности подземного водоносного горизонта от загрязнения с поверхности активированием процессов жизнедеятельности, т.е. биостимуляцией аммонифицирующих уреолитических микроорганизмов рассматриваемых грунтов в соответствии с методологией, описанной в первой главе. По результатам проведенных исследований авторами был получен патент на изобретение.

Третья глава посвящена формированию заданного состава жидкой компоненты грунтов. Объектами исследования служили складированные в отвалы техногенные грунты предприятий угледобывающей промышленности, расположенные на территории Кизеловского угольного бассейна в Пермском крае. В окислительной наземной обстановке жизнедеятельность микроорганизмов отвалов приводит к окислению содержащихся в их составе сульфидных минералов, особенно пирита. Окисление минералов внутри отвалов идет с выделением тепла и может сопровождаться самовозгоранием отвалов. Горение отвалов, как правило, продолжается несколько лет, при этом наблюдается изменение их минерального состава. Инфильтрация атмосферных осадков в грунты отвалов приводит к образованию кислых дренажных вод. Образующиеся на угольных отвалах дренажные воды характеризуются кислой реакцией среды (pH 3–4) и обычно содержат повышенные уровни ионов цинка, никеля и других потенциально токсичных металлов. Согласно исследованиям P. Younger (2003, Великобритания), если процесс образования дренажных вод начался, то он может длиться столетиями после прекращения разработки полезных ископаемых, все это время нанося ущерб объектам окружающей среды.

В соответствии с разработанной методологией авторами были проведены среди прочих микробиологические исследования грунтов горелых и негорелых отвалов, по результатам которых была выбрана группа микроорганизмов для активирования — сульфатвосстанавливающих микроорганизмов, жизнедеятельность которых оказывала бóльший нейтрализующий эффект на кислые дренажные воды с одновременным удалением из них ионов железа и других металлов в виде нерастворимых сульфидов. Проведенные лабораторные испытания показали возможность целенаправленного изменения свойств жидкой компоненты биотехнологическим методом. По результатам исследований авторами был получен патент на изобретение.

Четвертая глава посвящена формированию требуемого состава газовой компоненты грунтов биотехнологическим методом. В качестве объекта исследований выступают обводненные грунты гидротехнических сооружений — накопление в их поровом пространстве пузырьков водонерастворимых газов, например метана, которое вызывает разуплотнение в грунтовом массиве и снижает коэффициент запаса (устойчивости) гидротехнического сооружения. Рассмотрен химический состав водорастворенного органического вещества наземных водных систем и пути его преобразования микробными сообществами в окислительных и восстановительных условиях. Обращено внимание на конкурентные взаимоотношения между метанобразующими и железовосстанавливающими микроорганизмами обводненных грунтов, описанные в научной литературе.

Непосредственным объектом исследований авторов были обводненные грунты одного из гидротехнических сооружений Волго-Камского каскада плотин. В соответствии с разработанной авторами методологией были проведены среди прочих микробиологические исследования грунтов тела плотины и ее основания. Выявлена зависимость скорости газообразования в грунтах от содержания органического вещества в воде, фильтрующейся через них. В лабораторных экспериментах показано влияние концентрации органического вещества в воде на следующие свойства песчаного и суглинистого грунтов: плотность, угол внутреннего трения, силу сцепления. Также рассчитан коэффициент запаса (устойчивости) грунтовой плотины. В главе описана технология активирования жизнедеятельности железовосстанавливающих микроорганизмов, содержащихся в грунтах, для предотвращения образования в грунтах метана. В ходе модельного эксперимента разработана технология подавления образования метана в газовой компоненте грунта, в результате исследований получено три патента на изобретения.

В заключительной части издания дано краткое описание этапов разработанной методологии изменения свойств грунтов биотехнологическими методами с использованием микробного сообщества самих грунтов. Подведены итоги работ авторов по изменению твердой, жидкой и газовой компонент грунтов активированием жизнедеятельности соответствующих групп микроорганизмов.

Данная монография будет полезна не только исследователям, занимающимся изучением грунтов, но и широкому кругу специалистов в области геологии, биологии и экологии. Издание также может быть использовано при чтении курсов лекций по инженерной геологии, грунтоведению и мелиорации грунтов.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

ХАУСТОВ АЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ

Профессор департамента экологической безопасности и менеджмента качества продукции Института экологии Российского университета дружбы народов им. Патриса Лумумбы, д.г.-м.н., г. Москва, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

ALEXANDR P. KHAUSTOV

DSc (Geology and Mineralogy); Professor in the Department of Ecology and Natural Management, Institute of Environmental Engineering, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia; Moscow, Russia