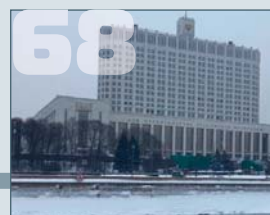
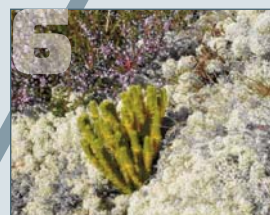


Независимый электронный журнал ГеоИнфо

Роль лишайников-эпилитов
в эколого-геологических
системах.
Стр. 6

Об эффективных и экономичных
армогрунтовых сооружениях на
основе систем семейства
«Террамеш». *Стр. 52*

Регуляторная гильотина:
чем обернулось для бизнеса
снижение административной
нагрузки. *Стр. 48*



GEOINFO

ISSN 2949-0677 (ONLINE)

WWW.GEOINFO.RU

МАЙ • MAY • TOM V • 4-2023

ГЕНЕРАЛЬНЫЕ СПОНСОРЫ ПРОЕКТА



ООО «ПЕТРОМОДЕЛИНГ»



Австрийская компания
«TRUMER SCHUTZBAUTEN GMBH»
ООО «РТ ТРУМЕР»



Институт
экологического
проектирования
и изысканий

АО «ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗЫСКАНИЙ»



Maccaferri / ГАБИОНЫ МАККАФЕРРИ СНГ



ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

ООО НПП «ГЕОТЕК»



Компания
Mountain Risk Consultancy



Геотехническая лаборатория
АО «МОСТДОРГЕОТРЕСТ»



ГК «ОЛИМПРОЕКТ»

СПОНСОРЫ ПРОЕКТА



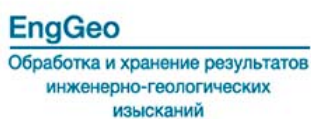
ООО «МИДАС» / MIDAS IT



MalinSoft



ООО «ГЕОИНЖСЕРВИС» / FUGRO



ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «ENGGEO»



ООО «КОМПАНИЯ «КРЕДО-ДИАЛОГ»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ НЕЗАВИСИМОГО ЭЛЕКТРОННОГО ЖУРНАЛА «ГЕОИНФО»

Ананко Виктор Николаевич

Главный редактор журнала «ГеоИнфо»

Баборькин Максим Юрьевич

Главный аналитик Центра геоинформационных технологий Университета Иннополис, главный геолог ООО «Аэрогеоматика», к.г.-м.н., имеет степень MBA

Бершов Алексей Викторович

Генеральный директор ГК «Петромоделинг», ассистент Кафедры Инженерной и экологической геологии Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

Гизатуллин Рушан Рафаэлевич

Инженер-геотехник ООО «НИП-Информатика»

Ермолов Александр Александрович

Научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории геоэкологии Севера Кафедры геоморфологии и палеогеографии Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, к.г.н.

Жидков Роман Юрьевич

Начальник группы разработки программного обеспечения по геологии ГБУ «Мосгоргеотрест», к.г.-м.н.

Зайцев Андрей Александрович

Доцент кафедры "Путь и путевое хозяйство" РУТ (МИИТ), к.т.н.

Исаев Владислав Сергеевич

Старший научный сотрудник Кафедры геокриологии Геологического факультета МГУ, к.г.-м.н.

Королев Владимир Александрович

Профессор Кафедры инженерной и экологической геологии Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, д.г.-м.н., член-корреспондент Российской академии естественных наук (РАЕН) по секции наук о Земле

Латыпов Айрат Исламгалиевич

Руководитель Лаборатории по исследованию грунтов в строительстве, доцент по специальности «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение», член национального реестра специалистов в области строительства, эксперт Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан, к.т.н.

Маштаков Александр Сергеевич

Главный специалист ООО Арктический научный центр (Роснефть), руководитель Волгоградского отделения Общественной организации Российское геологическое общество, эксперт Российского газового общества, к.г.-м.н.

Мирный Анатолий Юрьевич

Старший научный сотрудник Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, руководитель проекта «Независимая геотехника», к.т.н.

Миронюк Сергей Григорьевич

Доцент/старший научный сотрудник Кафедры инженерной и экологической геологии Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, научный сотрудник ООО «Центр морских исследований МГУ им. М.В. Ломоносова», к.г.-м.н.

Пиоро Екатерина Владимировна

Генеральный директор ООО «Петромоделинг Лаб», к.г.-м.н.

Самарин Евгений Николаевич

Профессор Кафедры инженерной и экологической геологии Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, д.г.-м.н.

Судакова Мария Сергеевна

Старший преподаватель Кафедры сейсмометрии и геоакустики Геологического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова, Научный сотрудник института Криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, к.ф.-м.н.

Слободян Владимир Юрьевич

Генеральный директор АО «Институт экологического проектирования и изысканий» (АО «ИЭПИ»)

Труфанов Александр Николаевич

Заведующий лабораторией «Методов исследования грунтов» НИИОСП им. Н.М. Герсевича, АО «НИЦ Строительство», к.т.н., Почетный строитель России

Федоренко Евгений Владимирович

Научный консультант ООО «НИП-Информатика», к.г.-м.н.

Фоменко Игорь Константинович

Профессор Кафедры инженерной геологии МГРИ, д.г.-м.н.

Фролова Юлия Владимировна

Доцент Кафедры инженерной и экологической геологии Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, д.г.-м.н.

Шац Марк Михайлович

Ведущий научный сотрудник Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (ИМЗ), к.г.н.

ГЕОИНФО

Электронное издание

Издается с марта 2016 года.

Периодичность: 10 выпусков в год.

ISSN: 2949-0677

Префикс DOI: 10.58339

Редакцией журнала принимаются к рассмотрению статьи по следующим темам: инженерные изыскания для строительства; геотехническое проектирование; инженерная и экологическая геология; механика грунтов, геотехника, проектирование оснований и фундаментов; экология и экологические исследования; проблемы инженерно-геологического риска; методы прогнозирования, предотвращения, минимизации и ликвидации последствий опасных природных процессов и явлений; инженерная защита территории.

Учредитель:

Ананко Виктор Николаевич

Издательство:

ГеоИнфо, ИП Ананко В.Н.

Адрес:

119146, РФ, Москва,
ул. 3-я Фрунзенская, 10/12

Редакция:

Ананко Виктор Николаевич
Главный редактор

Васин Михаил Васильевич
Обозреватель

Дизайн и верстка:

ИП Лившиц С.С.

Официальный сайт:

Geoinfo.ru

Адрес в НЭБ:

https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=80357

Распространяется бесплатно.

За содержание рекламных материалов редакция ответственности не несет.

Дата выхода в свет: 05.05.2023 г.

© Ананко Виктор Николаевич, 2023

© ГеоИнфо, 2023

Фото на обложке: www.Pixabay.com

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

Роль лишайников-эпилитов в эколого-геологических системах

6

Владимир Королев

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Простой эмпирический метод устранения эффектов рефракции при фотограмметрии мелководья на основе съемки с БПЛА

28

Партама И.Г.Ю., Канно А., Акамацу Ю. и др.

ИНЖЕНЕРНОЕ МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЕ

Победы российского мерзлотоведения: к юбилею профильной кафедры МГУ

40

Владислав Исаев, Виктор Ананко

МЕХАНИКА ГРУНТОВ И ГЕОТЕХНИКА

Геотехнические расчеты в промышленном и гражданском строительстве: оптимизация проекта

44

Павел Батраков

ГЕОРИСКИ. ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИИ

Об эффективных и экономичных армогрунтовых сооружениях на основе систем семейства «Террамеш»

52

Иван Кукло

ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

О важности результатов геотехнического мониторинга для оценки поведения армогрунтового сооружения

58

Михаил Васин

ПРИЛОЖЕНИЕ. ДИСКУССИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Азовское море забирает земли, Черное – бьет волнами: как защищаться, строить и отвоевывать сушу у моря

64

Людмила Дьяченко

Регуляторная гильотина: чем обернулось для бизнеса снижение административной нагрузки

68

Людмила Дьяченко

Спецтехника и оборудование: почему бизнес вкладывается в производство и не вписывается в программы поддержки

72

Людмила Дьяченко

Перечень научных специальностей:

- 020102. Основания и фундаменты, подземные сооружения
- 020806. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 010601. Общая и региональная геология. Геотектоника и геодинамика
- 010606. Гидрогеология
- 010607. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение
- 010608. Гляциология и криология Земли
- 010609. Геофизика
- 010621. Геоэкология
- 020110. Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства
- 010612. Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов
- 010616. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия
- 020106. Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология
- 010617. Океанология
- 010619. Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия
- 010620. Геоинформатика, картография
- 010622. Геодезия
- 020107. Технология и организация строительства
- 020109. Строительная механика



ECOLOGICAL GEOLOGY

A Role Of Epilithic Lichens In Ecologicalgeological Systems

Vladimir A. Korolev

ENGINEERING GEODESY. ENGINEERING-GEODESIC SURVEY

A Simple And Empirical Refraction Correction Method For Uav-Based Shallowwater Photogrammetry

Partama I.G.Yu., Kanno A., Akamatsu Yu. et all.

ENGINEERING PERMAFROST STUDIES

Victories Of Russian Permafrost Studies: To The Anniversary Of The Profile Department Of Lomonosov Moscow State University

Vladislav Isaev, Viktor Ananko

SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICS

Geotechnical Calculations In Industrial And Civil Construction: Project Optimization

Pavel Batrakov

GEORISKS. ENGINEERING PROTECTION OF TERRITORIES

On Efficient And Economical Reinforced Soil Structures Based On The Systems Of The “Terramesh” Family

Kuklo I.A.

GEOTECHNICAL MONITORING

On The Importance Of Geotechnical Monitoring Results To Assess The Behavior Of A Reinforced Soil Structure

Mihail V. Vasin

APPENDIX. DISCUSSION MATERIALS

The Sea Of Azov Takes Lands, The Black Sea Beats With Waves: How To Defend, Build And Win Back Lands From The Seas

Lyudmila D'yachenko

Regulatory Guillotine: How Have The Reduction In Administrative Burden Turned Out For Business

Lyudmila D'yachenko

Special Machinery And Equipment: Why The Business Invests In Production And Does Not Fit Into Support Programs

Lyudmila D'yachenko



**Победы российского мерзлотоведения:
к юбилею профильной кафедры МГУ Стр. 40**

GEOINFO

6	Electronic publication
	Published since 2016
	Publication frequency: 10 issues per year
28	ISSN: 2949-0677
	DOI prefix: 10.58339
40	The editorial board of the journal accepts for consideration articles on the following topics: Site Investigation for Construction; Geotechnical Designing; Engineering and Ecological Geology; Soil Mechanics; Geotechnics; Design of Bases and Foundations; Ecology and Environmental Studies; Engineering-Geological Risk Problems; Methods for Forecasting, Preventing, Minimizing and Eiminating the Consequences of Hazardous Natural Processes and Penomena; Engineering Protection of Territories.
44	
52	
58	Founder: Ananko Viktor Nikolaevich
	Publisher: GeoInfo, individual entrepreneur Ananko V.N.
64	
	Address: 10/12 3rd Frunzenskaya str., Moscow, 119146, Russian Federation
68	Editorial staff: editor-in-chief: Ananko Viktor Nikolaevich;
	analyst: Vasin Mikhail Vasilyevich;
72	Designer and layout designer: individual entrepreneur Livshic S.S.
	Official website: Geoinfo.ru
	Address in the National Electronic Library of the RF: https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=80357
	It is distributed for free
	The editorial staff is not responsible for the content of advertising materials
	Publication date: 05.05.2023
	© Ananko Viktor Nikolaevich, 2023
	© GeoInfo, 2023
	Cover photo: www.Pixabay.com





Фото С.Д. Балыковой
Photo by S.D. Balykova

РОЛЬ ЛИШАЙНИКОВ-ЭПИЛИТОВ В ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

КОРОЛЁВ В.А.

Профессор кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, д. г.-м. н., г. Москва, Россия
va-korolev@bk.ru

АННОТАЦИЯ

Лишайники-эпилиты являются важнейшей составляющей эколого-геологических систем (ЭГС) и выполняют ряд важных экологических функций, которые определяют особенности каждой конкретной ЭГС в целом. Однако эти функции пока слабо изучены, в связи с чем в настоящей статье характеризуется специфическая роль лишайников-эпилитов в эколого-геологических системах.

Показано, что лишайники-эпилиты являются важнейшими компонентами эколого-геологических систем, обуславливающими сложные взаимосвязи между абиотическими и биотическими составляющими в ЭГС.

Разработана систематика лишайников-эпилитов по их взаимосвязи с определенными литолого-петрографическими типами грунтов.

Обнаружена приуроченность накипных форм эпилитов к скальным грунтам магматического, метаморфического и осадочного генезиса, тогда как листоватые и кустистые формы больше тяготеют к дисперсным осадочным грунтам. Эпигейные лишайники должны рассматриваться как разновидность лишайников-эпилитов. Выявлена эколого-геологическая роль эпилитов в ЭГС и в формировании экологических функций литосферы – ресурсной, геодинамической и геохимической. Выделены специфические лишайники-эпиматериалы, субстратом для которых служат техногенные материалы строительных и инженерных конструкций разного состава, играющие существенную роль в техногенных ЭГС.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

лишайники-эпилиты; систематика; эколого-геологические системы; экологические функции; литолого-петрографические типы грунтов.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Королёв В.А. Роль лишайников-эпилитов в эколого-геологических системах // Геоинфо, 2023. № 4. С. 6–25 doi:10.58339/2949-0677-2023-5-4-6-25

A ROLE OF EPILITHIC LICHENS IN ECOLOGICAL- GEOLOGICAL SYSTEMS

VLADIMIR A. KOROLEV

DSc (Geology and Mineralogy), professor at the Department of Engineering and Ecological Geology, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
va-korolev@bk.ru

ABSTRACT

Epilithic lichens are among the most important constituents of ecological-geological systems (EGS). They perform a number of important ecological functions that determine the characteristics of each specific EGS as a whole. However, these functions have been still poorly studied, so this article characterizes a specific role of epilithic lichens in ecological-geological systems.

It is shown that epilithic lichens are among the most important components of ecological-geological systems because they cause complex relationships between abiotic and biotic constituents in EGSs. Systematics of epilithic lichens were developed according to their relationships with certain lithological-petrographic types of grounds. The confinement of crustose epilithic lichens to igneous, metamorphic, and sedimentary rocks was found. While foliose and fruticose lichens confine to disperse sedimentary soils. Epigeic lichens should be considered as a kind of epilithic lichens. An ecological-geological role of epilithic lichens in EGSs and in the formation of the ecological functions of the lithosphere (resource, geodynamic and geochemical functions) was revealed. Specific epimaterial lichens were distinguished. The substrate for them is technogenic materials of building and engineering structures of various compositions, which play a significant role in technogenic EGSs.

KEYWORDS:

epilithic lichens; systematics; ecological-geological systems; ecological functions; lithological-petrographic types of grounds.

FOR CITATION:

Korolev V.A. Rol' lishaynikov-epilitov v ekologo-geologicheskikh sistemah [A role of epilithic lichens in ecological-geological systems] // Geoinfo. 2023. 4: 6–25 doi:10.58339/2949-0677-2023-5-4-6-25 (in Rus.).

ВВЕДЕНИЕ ►

Большую роль в функционировании эколого-геологических систем (ЭГС) среди биотических компонентов играют лишайники-эпилиты, то есть виды лишайников, развивающиеся непосредственно на грунтах¹. Соотношение эпилитных лишайников с прочими в разных природных зонах России весьма различно. Например, для Центрального Черноземья эпилиты составляют 25%, а для северных регионов страны их доля может увеличиваться до 90% и более [12].

Как и прочие лишайники, они являются симбиотическими организмами, тело которых (таллом) образовано в результате соединения грибных и водорослевых или цианобактериальных клеток в одном казалось бы внешне едином организме. При этом субстратами для них могут служить чаще всего массивы скальных грунтов (выходы лав, интрузивных и метаморфических пород, а

также массивы скальных осадочных сцементированных грунтов), крупно-обломочные грунты (валунные, каменные, галечные и др.) и реже – мелко-дисперсные грунты (пески, супеси, суглинки и глины), включая почвы (для напочвенных, или эпигейных, лишайников) и заторфованные грунты.

Многообразие грунтов как субстратов лишайников-эпилитов обуславливает их широкое видовое разнообразие в природе и в частности на территории России. При этом необходимо иметь в виду, что состав субстрата (тип грунта) не является единственным фактором развития эпилитных лишайников: не менее большое значение имеют внешние атмосферные условия, состав воздуха, тепло- и влагообеспеченность, освещенность, рельеф, микроклиматические условия и др. [8, 14, 16, 17].

Вопрос о ведущем влиянии субстрата или внешних атмосферных условий

на жизнедеятельность лишайников-эпилитов остается пока открытым: одни ученые допускают ведущую роль типа горных пород на жизнедеятельность эпилитов, другие ее отрицают и отстаивают ведущую роль внешних атмосферных условий. Возможно, правы и те, и другие, учитывая что среди эпилитов выделяются облигатные виды, приуроченные к горной породе определенного минерального состава, а среди факультативных эпилитов имеются виды, безразличные к субстрату и селящиеся как на горных породах, почвах, древесных остатках, так и на искусственных материалах – бетоне, шифере, кирпиче и т. п.

Среди жизненных форм лишайников-эпилитов выделяют накипные, листоватые, кустистые. В составе фитоценозов они образуют различные лишайно-синузии – сообщества лишайников одного или близких видов. Зависимость

¹ В отличие от лишайников-эпифитов, развивающихся на различных растениях: коре и ветках деревьев, корнях растений, листьях сосудистых растений, древесных остатках и т. п.

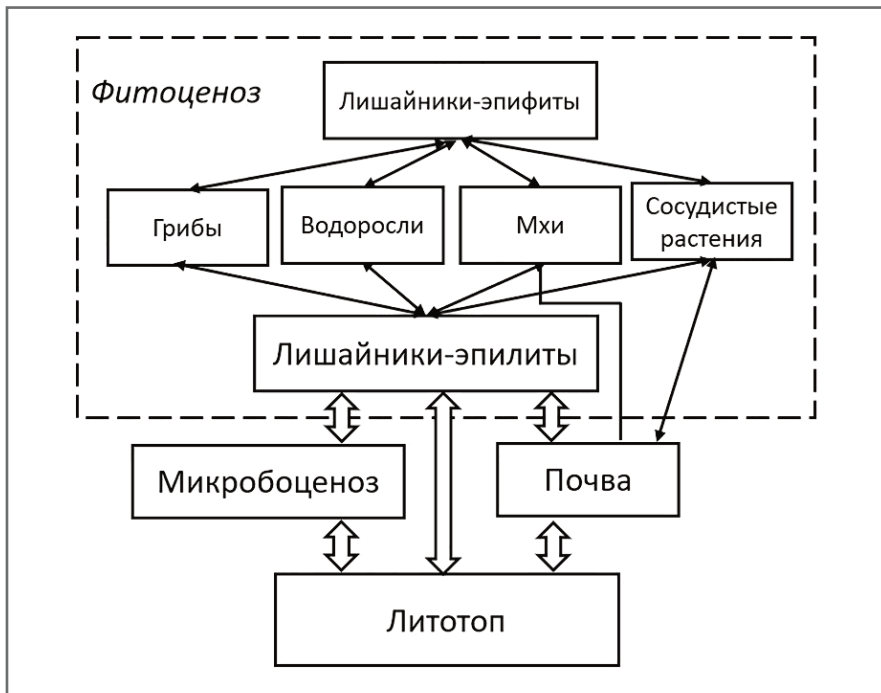


Рис. 1. Схема положения лишайников-эпилитов в структуре ЭГС (составил В.А. Королев)

особенностей лишайников-эпилитов от типа субстрата также окончательно не выяснена.

Лишайники-эпилиты являются важнейшими компонентами (составляющей) эколого-геологических систем и выполняют ряд важных экологических функций, которые определяют особенности каждой конкретной ЭГС в целом. Однако эти функции также пока слабо изучены, в связи с чем цель настоящей статьи – восполнить данный пробел и охарактеризовать роль лишайников-эпилитов в эколого-геологических системах.

ЛИШАЙНИКИ-ЭПИЛИТЫ КАК КОМПОНЕНТЫ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ▶

Лишайники-эпилиты занимают важное положение в структуре эколого-геологической системы (рис. 1). Прежде всего, они непосредственно связаны с грунтами литотопа. Причем субстрат литотопа (те или иные типы грунтов от скальных до дисперсных) обуславливает развитие на нем определенных видовых сообществ лишайников-эпилитов, включая и их лишайносунузии. При этом лишайники взаимодействуют не только с грунтом, но и с микробным сообществом, развитым в нем, влияя таким образом и на микробоценоз каждой конкретной ЭГС.

Наряду с этим лишайники-эпилиты могут взаимодействовать и с почвой (см. рис. 1). Эта группа лишайников, которую обычно относят к так называемым напочвенным, или эпигейным, ли-

шайникам, может рассматриваться как разновидность эпилитов.

С формированием в ЭГС фитоценоза и появлением в нем грибов, мхов, водорослей, сосудистых растений (от травянистых до древесных) лишайники-эпилиты могут вступать во взаимодействие и с ними, в том числе косвенным путем: лишайники-эпилиты конкурируют с растениями за жизненное пространство в данной ЭГС. Прямое же взаимодействие растений с лишайниками осуществляется лишайниками-эпифитами, развивающимися не на грунтовой субстрате, а на растениях (см. рис. 1).

Таким образом, в структуре ЭГС эпилиты выполняют важную роль «связующего звена» между абиотическими компонентами, прежде всего горными породами, и биотическими – микробо- и фитоценозом.

ПРИУРОЧЕННОСТЬ ЛИШАЙНИКОВ-ЭПИЛИТОВ К ГРУНТОВЫМ СУБСТРАТАМ ▶

Этот вопрос пока не разработан в достаточной степени: облигатные лишайники-эпилиты, приуроченные к тем или иным грунтам, в полной мере не выделены [1, 8, 16]. Это обстоятельство, по мнению автора, обусловлено тем, что жизнеобеспечение лишайников-эпилитов зависит не только от субстрата, то есть типа грунта (1-й фактор), но и от внешних климатических условий (2-й фактор) – освещенности, состава воздуха, его влажности, температуры, экспозиции поверхности и т. п. Поэтому со-

четание 1-го и 2-го указанных факторов в конечном итоге и определяет особенности экологических форм лишайников-эпилитов.

Если для данного вида лишайника-эпилита (или группы видов) превалирует 1-й фактор, то его можно отнести к облигатным видам, приуроченным к определенному типу грунта. Если же для эпилита превалирует 2-й фактор, то его следует относить к факультативным (эврисубстратным) видам, которые могут развиваться на разных типах грунтов. Естественно, что такое деление условно, так как степень облигатности может быть различной: некоторые виды эпилитов приурочены только к какой-либо одной горной породе (например, к нефелиновым сиенитам в случае вида *Rhizocarpon lavatum*), а другие – только к разным группам алюмосиликатных горных пород.

Разные авторы чаще всего делят эпилитные лишайники по приуроченности к породам-субстратам всего на две категории – кальцефильные и кальцефобные [19]. При этом в группу кальцефобных попадает огромное число видов лишайников-эпилитов, предпочитающих совершенно разные по минеральному составу горные породы – алюмосиликатные, кремниевые, сульфатные, железистые, галлоидные и др. Кальцефобные эпилитные лишайники иногда называют также «силикатными эпилитами», что неправильно, так как среди них могут быть и несилкатные.

Говоря о скальных субстратах эпилитов, большинство авторов, к сожалению, не указывает их минеральный состав, используя вместо этого малозначащие фразы и термины: «скальные выступы», «голые скалы», «каменистые выступы», «валуны», «камни», «большие камни», «на склоне горы», «россыпь камней» и т. п.

Наряду с лишайниками-эпилитами выделяются также эпигейные лишайники, развивающиеся на почвенных субстратах. Поскольку почвы являются одним из видов дисперсных грунтов, то с этой точки зрения эпигейные лишайники необходимо рассматривать как подгруппу лишайников-эпилитов, а не как самостоятельную группу. Главной особенностью эпигейных лишайников необходимо считать их способность конкурировать с быстрорастущими сосудистыми и иными растениями за жизненное пространство на конкретной территории.

Среди скальных **магматических грунтов** эпилиты встречаются как на

интрузивных, так и на эффузивных разностях различной кислотности (от кислых до ультраосновных) и в основном представлены накипными формами. Так, например, на *гранитных* валунах Псковской области встречено 36 видов, из них облигатных эпилитов – восемнадцать: *Acarospora fuscata*, *Aspicilia cinerea*, *Candelariella vitellina*, *Myriolecis crenulata*, *Myriolecis dispersa*, *Lecanora intricata*, *Lepraria neglecta*, *Montanelia soledata*, *Xanthoparmelia verruculifera*, *Xanthoparmelia conspersa*, *Xanthoparmelia somloensis*, *Xanthoparmelia pulla*, *Parmelia saxatilis*, *Physcia caesia*, *Physcia phaea*, *Protoparmeliopsis muralis*, *Rhizocarpon distinctum*, *Rhizocarpon grande*. Остальные виды – факультативные, обладают широкой экологической пластичностью и произрастают на нескольких типах силикатных субстратов (*Hypogymnia physodes*, *Hypogymnia tubulosa*, *Lecanora symmetrica*, *Melanelixia subargentifera*, *Melanohalea exasperatula*, *Parmelia sulcata*, *Phaeophyscia ciliata*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *Physcia aipolia*, *Physcia dubia*, *Physcia stellaris*, *Physcia tenella*, *Physconia enteroxantha*, *Pseudevernia furfuracea*, *Ramalina pollinaria*, *Vulpicida pinastri*, *Xanthoria parietina*) [7].

Все виды эпилитов рода *Calvitimela* и подавляющее большинство *Miriquidica* являются сугубыми ацидофилами². Исключение – вид *Miriquidica garovaglii*, встречающийся иногда на силикатных породах с небольшим содержанием кальция [1].

На *гранитах* Нечерноземья отмечены петрофитные эпилиты: *Candelariella vitellina*, *Dermatocarpon minutum*, *Hypogymnia physodes*, *Lecanora lithophyla*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia caesia* [12]. На гранитах Балтийского щита (Карелия) встречаются *Acarospora fuscata*, *Physcia caesia*, *Xanthoria candelaria*, *Caloplaca* sp., *Rinodina* sp.; на гранитах Самарской Луки – *Lobothallia radiosa* [9]; на гранитах степной зоны Украины (Кривой Рог) отмечены преимущественно накипные виды: *Acarospora veronensis*, *Caloplaca decipiens*, *Caloplaca saxicola*, *Candelariella aurella*, *Candelariella vitellina*, *Endocarpon pusillum*, *Lecanora crenulata*, *Lecanora dispersa*, *Lecanora flotviana*, *Lecanora helicopsis*, *Lecidea fuscoatra*, *Physcia caesia*, *Verrucaria nigrescens* [5].

На территории Белоруссии только на *силикатных породах* выделено 67 видов эпилитов, в том числе: *Acarospora*

admissa, *Acarospora fuscata*, *Acarospora umbilicata*, *Acarospora veronensis*, *Arctoparmelia centrifuga*, *Aspicilia cinerea*, *Bacidina inundata*, *Blastenia crenularia*, *Brianaria sylvicola*, *Brianaria tuberculata*, *Bryoria chalybeiformis*, *Buellia badia*, *Caeruleum heppii*, *Calogaya lobulata*, *Caloplaca chlorina*, *Candelariella coralliza*, *Circinaria contorta*, *Circinaria gibbosa*, *Circinaria sphaerothallina*, *Dimelaena oreina*, *Diplotomma epipolium*, *Hydropunctaria rheitrophila*, *Lecanora polytropha*, *Lecanora rupicola*, *Lecidea fuscoatra*, *Lecidea anomaloides*, *Lecidea carpathica*, *Leimonis erratica*, *Lepraria neglecta*, *Micarea lynceola*, *Montanelia soledata*, *Myriospora rufescens*, *Parmelia omphalodes*, *Parmelia saxatilis*, *Physcia dimidiata*, *Porpidia cinereoatra*, *Porpidia crustulata*, *Porpidia macrocarpa*, *Porpidia soledizodes*, *Protoparmelia badia*, *Ramalina subfarinacea*, *Rhizocarpon badioatrum*, *Rhizocarpon distinctum*, *Rhizocarpon geographicum*, *Rhizocarpon grande*, *Rhizocarpon hochstetteri*, *Rhizocarpon lavatum*, *Rhizocarpon lecanorinum*, *Rhizocarpon obscuratum*, *Rhizocarpon petraeum*, *Rhizocarpon polycarpum*, *Rhizocarpon reductum*, *Rhizocarpon subpostumum*, *Rhizocarpon timdalii*, *Rhizocarpon viridiatrum*, *Rinodina oxydata*, *Rinodina teichophila*, *Stereocaulon dactylophyllum*, *Stereocaulon tomentosum*, *Trapelia glebulosa*, *Trapelia involuta*, *Umbilicaria deusta*, *Varicellaria lactea*, *Verrucaria hydrela*, *Verrucaria madida*, *Xanthoparmelia angustiphylla*, *Xanthoparmelia delisei*, *Xanthoparmelia pulla* [20].

Для андезито-базальтов Камчатки (ключевой группы) выявлены следующие характерные петрофитные эпилиты, преимущественно листоватые: *Asahinea chrysantha*, *Asahinea scholanderi*, *Arctoparmelia incurva*, *Arctoparmelia separata*, *Arctoparmelia centrifuga*, *Arctoparmelia centrifuga*, *Xanthoparmelia stenophylla*, *Xanthoparmelia conspersa*, *Parmelia saxatilis*, *Parmelia skultii*, *Melanelia commixta*, *Melanelia hepatizon*, *Melanelia panniformis*, *Melanelia stygia*, *Melanelia disjuncta*, *Allantoparmelia alpicola*, *Hypogymnia subobscura*, *Pseudephebe pubescens*, *Pseudephebe minuscula*, *Cystocoleus ebenus*, *Physcia caesia*, *Physcia dubia*, *Xanthoria elegans*, *Xanthoria soledata*, *Umbilicaria cinereorufescens*, *Umbilicaria proboscidea*, *Stereocaulon vesuvianum*, *Rhizocarpon geographicum* [4].

Среди скальных **метаморфических грунтов** отмечаются как эпилиты-ацидофилы, так и кальцефилы. Так, например на гнейсах Карелии отмечены аци-

дофилы: умбликарии (*Umbilicaria hyperborea*, *Umbilicaria proboscidea*, *Umbilicaria torrefacta*), а также *Melanelia soledata*, *Melanelia stygia*, *Rhizocarpon badioatrum*, *Rhizocarpon geographicum*, *Rhizocarpon grande*. На базальтах Самарской Луки – *Lobothallia radiosa* [9].

Среди скальных **осадочных сцементированных грунтов** карбонатного состава в первую очередь выделяются лишайники-кальцефилы, связанные с выходами известняков. В Псковской области среди них отмечены: *Circinaria contorta*, *Lathagrium fuscovirens*, *Lecidella stigmataea*, *Lepraria incana*, *Placynthium nigrum*, *Protoblastenia rupestris*, *Verrucaria muralis*, *Verrucaria nigrescens* и др. [7]. Большая часть лишайников рода *Lecidella* предпочитает каменистые карбонатные субстраты, сложенные массивами карбонатных грунтов – известняков, доломитов, мела и мергелей [1].

Для территории Центрального Черноземья на массивах, сложенных известняками, установлено наличие следующих видов лишайников-эпилитов, большая часть из которых является облигатными кальцефилами (рис. 2): *Collema polycarpum*, *Dermatocarpon minutum*, *Lecania erysibe*, *Lecania rabenhorstii*, *Lecanora albescens*, *Lecanora crenulate*, *Lecanora dispersa*, *Lecanora flotviana*, *Lecanora muralis*, *Lecanora perpruinosa*, *Lecanora umbrina*, *Lecidella stigmataea*, *Leproloma vouauxii*, *Lobothallia radiosa*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Phaeophyscia sciastra*, *Physcia caesia*, *Physcia tribacia*, *Placidium lachneum*, *Placynthium nigrum*, *Protoblastenia rupestris*, *Protoparmelia badia*, *Rimularia furvella*, *Rinodina bischoffii*, *Rinodina calcarea*, *Rinodina lecanorina*, *Sarcogyne regularis*, *Staurothele caesia*, *Verrucaria acrotella*, *Verrucaria calciseda*, *Verrucaria fuscella*, *Verrucaria glaucina*, *Verrucaria muralis*, *Verrucaria nigrescent*, *Verrucaria viridula* [12].

Для территории Белоруссии выделены облигатные кальцефилы: *Acarospora sibirica*, *Caloplaca albolutescens*, *Circinaria calcarea*, *Collema subflaccidum*, *Flavoplaca citrina*, *Flavoplaca flavocitrina*, *Lathagrium cristatum*, *Lecania erysibe*, *Lecania sylvestris*, *Placynthium nigrum*, *Polysporina simplex*, *Protoblastenia rupestris*, *Rinodina bischoffii*, *Sarcogyne hypophaea*, *Sarcogyne hypophaeoides*, *Sarcogyne regularis*, *Schaereria fuscocinerea*, *Staurothele drummondii*, *Thelidium minutulum*, *Vario-spora aurantia*, *Verrucaria floerkeana*, *Verrucaria rupestris* [20].

² Ацидофилы – лишайники, предпочитающие кислые субстраты.

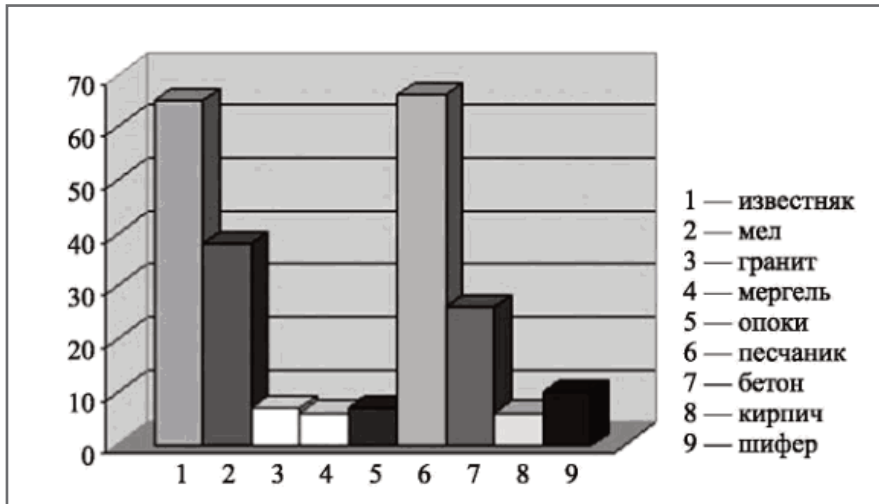


Рис. 2. Количественное распределение видов лишайников-эпилитов Центрального Черноземья [12]

В регионе Самарской Луки на карбонатных породах (известняках, доломитах, мергелях) встречаются эпилиты: *Acarospora cervina*, *Acarospora fuscata*, *Acarospora glaucocarpa*, *Acarospora oligospora*, *Acarospora veronensis*, *Aspicilia calcarea*, *Aspicilia contorta*, *Bacidia arnoldiana*, *Caloplaca aurantia*, *Caloplaca citrina*, *Caloplaca coronata*, *Caloplaca decipiens*, *Caloplaca flavovirescens*, *Caloplaca sinapisperma*, *Caloplaca variabilis*, *Caloplaca vitellinula*, *Candelariella medians*, *Chrysothrix chlorina*, *Clauzadea monticola*, *Collema fuscovirens*, *Collema limosum*, *Dermatocarpon miniatum*, *Diplotomma alboatrum*, *Diplotomma chlorophaeum*, *Endocarpon adsurgens*, *Glypholecia scabra*, *Lecania erysibe*, *Lecania nylanderiana*, *Lecania rabenhorstii*, *Lecania turicensis*, *Lecanora crenulata*, *Lecanora dispersa*, *Lecanora muralis*, *Lecidella patavina*, *Lecidella stigmatea*, *Lepraria lobificans*, *Leptogium lichenoides*, *Leptogium tenuissimum*, *Lobothallia radiosa* (факульт), *Mycobilimbia lirida*, *Mycobilimbia sabuletorum*, *Phaeophyscia sciastra*, *Phaeophyscia caesia*, *Physconia muscigena*, *Placidium rufescens*, *Polychidium muscicola*, *Psora decipiens*, *Rinodina bischoffii*, *Rinodina calcarea*, *Rinodina immersa*, *Rinodina lecanorina*, *Rinodinella controversa*, *Sarcogyne privigna*, *Staurothele areolata*, *Tephromela atra*, *Toninia candida*, *Verrucaria acrotella*, *Verrucaria caerulea*, *Verrucaria calciseda*, *Verrucaria dufourii*, *Verrucaria muralis*, *Verrucaria nigrescens*, *Verrucaria pontica*, *Xanthoria calcicola*, *Xanthoria elegans*, *Xanthoria sorediata* [9].

Выявлены облигатные виды лишайников-эпилитов, развивающиеся на кремнистых грунтах. Например, на массивах Центрального Черноземья, сложенных опоками, найдены *Protobla-*

stena rupestris, *Sarcogyne regularis*, *Verrucaria acrotella*, *Verrucaria caerulea*, *Verrucaria fuscella*, *Verrucaria muralis*, *Verrucaria nigrescent* [12].

Довольно многочисленны лишайники-эпилиты, предпочитающие скальные массивы, сложенные песчаниками. Для ЭГС массивов песчаниковых грунтов Центрального Черноземья установлено наличие видов: *Diploschistes muscorum*, *Diploschistes scruposus*, *Lecania erysibe*, *Lecanora campestris*, *Lecanora cenisea*, *Lecanora crenulata*, *Lecanora dispersa*, *Lecanora frustulosa*, *Lecanora lithophyla*, *Lecanora muralis*, *Lecanora polytropa*, *Lecanora umbrina*, *Lecidea fuscoatra*, *Lecidella anomaloides*, *Lecidella carpathica*, *Lecidella stigmatea*, *Lobothallia alphoplaca*, *Neofuscella pulla*, *Ochrolechia lacteal*, *Parmelia sulcata*, *Parmelia tiliacea*, *Pertusaria rupestris*, *Phaeophyscia ciliate*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia caesia*, *Physcia dubia*, *Physcia tenella*, *Physcia tribacia*, *Placopyrenium trachyticum*, *Pleopsideum flavum*, *Porpidia crustulata*, *Protoblastenia rupestris*, *Ramalina polymorpha*, *Rhizocarpon geographicum*, *Rhizocarpon macrosporum*, *Rinodina milvina*, *Staurothele drummondii*, *Trapelia coaretata*, *Verrucaria fusca*, *Verrucaria fuscella*, *Verrucaria muralis*, *Verrucaria nigrescent* [12].

Среди крупнообломочных грунтов эпилиты развиты на каменных развалах, элювии, коллювии, аллювии и других генетических типах отложений разного минерального состава. Например, на валунах и глыбах из железистых кварцитов (джеспилитов) и железистых сланцев Кривого Рога отмечены преимущественно накипные виды: *Acarospora veronensis*, *Amandinea punctata*, *Caloplaca decipiens*, *Caloplaca saxicola*, *Candelariella aurella*, *Candelariella vitellina*,

Lecanora dispersa, *Lecanora muralis*, *Lecanora straminea*, *Lecanora xanthostoma*, *Lecidea fuscoatra*, *Lepraria incana*, *Phaeophyscia nigricans* (лущ), *Rhizocarpon subgeminatum*, *Rinodina milvina*, *Rinodina pyrrena*, *Verrucaria nigrescens* [5]. На известковых осыпях отмечены: *Bilimbia sabuletorum*, *Cladonia chlorophaea*, *Cladonia pocillum*, *Cladonia puxidata*, *Cladonia symphyocarpa*, *Scytinium lichenoides*. На валунах изверженных пород в Карелии – *Parmelia fraudans*., *Parmelia saxatilis*, *Parmelia sulcata*, *Melanelia hepatizon*, *Arctoparmelia centrifuga*, *Umbilicaria deusta*, *Nephroma parile*, *Peltigera malacea*, *Leproloma membranaceum*, *Cladonia gracilis*.

Специфические эпилиты встречаются на мелкодисперсных грунтах – песках (псаммофиты), лессах и глинистых грунтах (пелитофиты). Среди них преобладают уже не накипные формы (как для скальных и крупнообломочных грунтов), а листоватые и кустистые эпилиты, относящиеся к родам *Cladonia* и *Cetraria*.

Напочвенные (эпигейные) лишайники в зависимости от физико-географических условий создают покрытие от 8 до 35%. Например, в Хангайском нагорье (Монголия) для напочвенных лишайников карагановых тырсово-мелкодерновиннозлаковых и мелкодерновиннозлаково-тырсовых степей на каштановых глубококарбонатных песчаных почвах покрытие лишайников для разных лишайносинузий варьировало в пределах 0,3–15%, а для лишайносинузий петрофитноразнотравно-малкодерновинно-злаково-типчаковых степей на каштановых и темно-каштановых бескарбонатных скелетных почвах – в пределах 0,2–1,5% [3]. В целом для Хангайского нагорья характерно преобладание одного вида – *Xanthoparmelia camtschadalis*, являющегося кочующим (то есть не прикрепленным к субстрату) листоватым, с ареалом, охватывающим аридные и полуаридные регионы Северного полушария. Этот вид входит в состав большинства других выявленных там лишайносинузий разных типов ассоциирования. Кроме того, там отмечены жизненные формы хлоролишайников (представляющих симбиоз гриба и зеленой водоросли) с примесью цианолишайников (представляющих симбиоз гриба и цианобактерий, например *Collema minor*, *Heppia lutosa*, *Peltigera rufescens*).

Анализ приуроченности эпилитов к определенным литолого-петрографическим видам грунтов позволил составить их систематику, представленную в таблице.

Таблица 1. Приуроченность лишайников-эпилитов к литолого-петрографическим видам грунтов

Грунты				Лишайники-эпилиты			
Группа	Подгруппа	Тип	Вид	Накипные	Листовые	Кустовые	
Скальные и полускальные	Магматические интрузивные	Силикатные ультраосновные и основные	Дуниты, габбро	Петрофиты:			
				Acarospora fuscata ⁴	Rhizocarpon sp.,	Parmelia sp.,	Stereocaulon alpinum
Caloplaca sp.,	Rhizocarpon geographicum,			Physcia sp.,			
Circinaria sp.,	Rinodina sp.,			Xanthoparmelia sp.,			
Lecanora sp.,	Trapelia sp.,						
Lecidea sp.,	Verrucaria sp.,						
Montanelia sp.,	Verrucaria nigrescens,						
Porpidia sp.,							
Скальные и полускальные	Магматические интрузивные	Силикатные средние и кислые	Граниты, сиениты	Петрофиты:			
				Acarospora admissa,	Porpidia cinereoatra,	Arctoparmelia centrifuga	Alectoria nigricans
				Acarospora fuscata ⁴	Porpidia crustulata ⁵	Arctoparmelia incurve	Bryoria chalybeiformis
				Acarospora umbilicata,	Porpidia macrocarpa,	Collema flaccidum	Cladonia metacorallifera
				Acarospora veronensis	Porpidia soreidizodes,	Pheophyscia sciastra	Stereocaulon alpinum
				Aspicilia cinerea ⁴	Protoparmelia badia,	Physcia caesia ⁴	
				Bacidina inundata,	Lecanora muralis ⁴	Umbilicaria deusta	
				Blastenia crenularia,	Rhizocarpon alpicola Rhizocarpon badioatrum,	Umbilicaria grisea	
				Brianaria sylvicola,	Rhizocarpon copelandii	Umbilicaria leiocarpa	
				Brianaria tuberculata,	Rhizocarpon concentricum	Umbilicaria proboscidea	
				Buellia aethalea	Rhizocarpon distinctum ⁴		
				Buellia badia,	Rhizocarpon. eupetraeoides ³		
				Caeruleum heppii,	Rhizocarpon geminatum		
				Calogaya lobulata,	Rhizocarpon geographicum,		
				Caloplaca chlorina,	Rhizocarpon grande ⁴		
				Caloplaca decipiens	Rhizocarpon hochstetteri,		
				Caloplaca saxicola	Rhizocarpon lavatum ³		
				Candelariella aurella ⁵	Rhizocarpon lecanorinum,		
				Candelariella coralliza,	Rhizocarpon macrosporum		
				Candelariella vitellina ⁴	Rhizocarpon obscuratum,		
				Circinaria contorta,	Rhizocarpon petraeum,		
				Circinaria gibbosa,	Rhizocarpon plicatile		
				Circinaria sphaerothallina,	Rhizocarpon polycarpum,		
				Dimelaena oreina,	Rhizocarpon reductum,		
				Diplotomma epipolium,	Rhizocarpon subgeminatum		
				Endocarpon pusillum	Rhizocarpon subpostumum		
				Hydropunctaria rheitrophila,	Rhizocarpon timdalii,		
				Hypogymnia physodes,	Rhizocarpon viridiatrum,		
				Lecanora crenulate ⁴	Rinodina oxydata,		
				Lecanora dispersa ⁴	Rinodina sp.,		
				Lecanora flotoviana	Rinodina teichophila,		
				Lecanora helicopsis	Schaereria fuscocinerea ⁴		
				Lecanora intricate ⁴	Tephromela armeniaca Trapelia coarctata Trapelia glebulosa,		
				Lecanora polytropa,	Trapelia involuta,		
				Lecanora rupicola	Varicellaria lactea,		
				Lecanora lithophyla,	Verrucaria hydrela		
				Lecidea anomaloides,	Verrucaria madida,		
				Lecidea carpathica,	Verrucaria nigrescens		
				Lecidea confluens ³			
				Leimonis erratica,			
				Lecidea fuscoatra			
				Lecidea inops			
Lepraria neglecta ⁴							
Lobothallia radiosa,							
Micarea lynceola,							
Miriquidica lulensis							
Montanelia soreidiata ⁴							
Myriospora rufescens,							
Myriolecis crenulate ⁴							
Myriolecis dispersa ⁴							
Pertusaria corallina							
Phaeophyscia orbicularis							

Таблица 1. Приуроченность лишайников-эпилитов к литолого-петрографическим видам грунтов

Грунты				Лишайники-эпилиты			
Группа	Подгруппа	Тип	Вид	Накипные		Листовые	Кустовые
Скальные и полускальные	Магматические эффузивные	Силикатные	Базальты, андезиты	Петрофиты:			
				Acarospora fuscata ⁴	Allantoparmelia alpicola	Parmelia skultii	Alectoria nigricans Cystocoleus ebenus
				Bellemerea alpina	Arctoparmelia centrifuga	Physcia caesia ⁴	Pseudephebe minuscula
				Buellia badia	Arctoparmelia incurva	Physcia dubia	Pseudephebe pubescens
				Lecanora rupicola	Arctoparmelia separata,	Umbilicaria cinereorufescens	
				Lobothallia radiosa,	Asahinea chrysantha	Umbilicaria grisea	
				Miriqidica garovaglii	Asahinea scholanderi	Umbilicaria leiocarpa	
				Pleopsidium chlorophanum	Collema flaccidum	Umbilicaria proboscidea	
				Rhizocarpon alpicola	Hypogymnia subobscura	Xanthoparmelia conspersa ⁴	
				Rhizocarpon geographicum	Melanelia commixta	Xanthoparmelia stenophylla	
				Stereocaulon vesuvianum ¹	Melanelia disjuncta	Xanthoria elegans	
					Melanelia hepatizon	Xanthoparmelia somloensis ⁴	
		Melanelia panniformis	Xanthoria soredata				
		Melanelia stygia					
		Parmelia saxatilis ⁴					
		Петрофиты:					
		Amygdalaria pelobotryon	Arctoparmelia centrifuga	Parmelia omphalodes	Bryoria chalybeiformis		
		Bellemerea alpina	Arctoparmelia incurva	Parmelia saxatilis ⁴	Cornicularia normoerica		
		Chrysothrix chlorina	Arctoparmelia separata	Parmelia skultii	Pseudephebe minuscula		
		Diploschistes scruposus	Asahinea chrysantha	Umbilicaria aprina	Pseudephebe pubescens		
		Lecanora polytropa	Asahinea scholanderi	Umbilicaria cylindrica	Sphaerophorus fragilis		
		Miriqidica lulensis	Hypogymnia subobscura	Umbilicaria hyperborea	Stereocaulon vesuvianum ¹		
		Ophioparma ventosa	Melanelia commixta	Umbilicaria krascheninnikovii			
		Pertusaria corallina	Melanelia disjuncta	Umbilicaria torrefacta			
		Placopsis sp.	Melanelia hepatizon	Umbilicaria vellea			
		Pleopsidium chlorophanum	Melanelia panniformis	Xanthoparmelia conspersa ⁴			
		Protoparmelia badia		Xanthoparmelia stenophylla			
		Rhizocarpon cinereonigrum		Xanthoria soredata			
		Rhizocarpon geographicum					
		Stereocaulon saviczii					
	Tephromela armeniaca						
	Гнейсы	Петрофиты:					
		Acarospora fuscata ⁴	Pertusaria corallina	Allantoparmelia alpicola	Alectoria nigricans		
		Amygdalaria elegantior	Rhizocarpon alpicola Rhizocarpon badioatrum,	Arctoparmelia centrifuga	Bryoria chalybeiformis		
		Bellemerea alpina	Rhizocarpon copelandii	Arctoparmelia incurva	Cladonia metacorallifera		
		Buellia badia	Rhizocarpon geographicum,	Collema flaccidum	Siphula ceratites		
		Caloplaca sp.,	Rhizocarpon grande ⁴	Melanelia stygia			
		Lecanora rupicola	Rinodina sp.,	Physcia caesia ⁴			
		Melanelia soredata ⁴	Tephromela aglae	Umbilicaria hyperborea,			
	Miriqidica lulensis		Umbilicaria leiocarpa				
			Umbilicaria proboscidea,				
			Umbilicaria torrefacta,				
			Xanthoria candelaria ⁵				
	Кварциты железистые, сланцы	Петрофиты:					
		Acarospora veronensis	Lecanora rupicola	Allantoparmelia alpicola	Bryoria chalybeiformis		
		Amandinea punctata	Lecanora straminea	Arctoparmelia centrifuga	Ephebe hispidula		
		Bellemerea cinereorufescens	Lecanora xanthostoma	Phaeophyscia nigricans	Pilophorus cereolus		
		Caloplaca decipiens	Lecidea fuscoatra				
		Caloplaca saxicola	Lepraria incana				
		Candelariella aurella ⁵	Rhizocarpon subgeminatum				
		Candelariella vitellina	Rinodina milvina				
		Chrysothrix chlorina	Rinodina pyrina				
		Lecanora dispersa ⁴	Verrucaria nigrescens				
	Lecanora muralis ^{1,4}						
	Карбонатные	Мраморы	Кальцефиты:				
	Caloplaca decipiens		Collema polycarpon				



Таблица 1. Приуроченность лишайников-эпилитов к литолого-петрографическим видам грунтов

Грунты				Лишайники-эпилиты			
Группа	Подгруппа	Тип	Вид	Накшпные	Листовые	Кустовые	
Скальные и полускальные	Осадочные сцементированные	Силикатные	Брекчи, песчаники	Петрофиты:			
				Acarospora badiofusca	Neofuscelia pulla ^{1,4}	Allantoparmelia alpicola	Alectoria nigricans
				Acarospora fuscata ⁴	Rhizocarpon badioatrum	Arctoparmelia centrifuga	Cladonia metacorallifera
				Acarospora veronensis	Rhizocarpon intersitum Ochrolechia lactea ¹	Arctoparmelia incurva	Ephebe hispidula
				Amygdalaria elegantior	Pertusaria rupestris,	Dermatocarpon intestiniforme	Ramalina polymorpha Ramalina pollinaria
				Bellemerea alpina	Phaeophyscia ciliate,	Dermatocarpon miniatum	
				Bellemerea cinereorufescens	Phaeophyscia orbicularis,	Dermatocarpon rivulorum	
				Diploschistes muscorum,	Placopyrenium trachyticum,	Hypogymnia vittata	
				Diploschistes scruposus,	Pleopsidium flavum,	Lobaria scrobiculata	
				Ionaspis cyanocarpa Lecania erysibe,	Porpidia crustulata ⁵	Melanelia stygia	
				Lecanora crenulate ⁴	Protoblastenia rupestris,	Parmelina tiliacea,	
				Lecanora intricata ^{1,4}	Protoparmelia badia	Parmelia saxatilis ⁴	
				Lecanora campestris,	Rhizocarpon alpicola Rhizocarpon geographicum ⁵	Parmelia sulcate,	
				Lecanora cenisea,	Rhizocarpon macrosporum,	Physcia caesia ⁴	
				Lecanora dispersa ⁴	Rinodina milvina,	Physcia dubia,	
				Lecanora frustulosa,	Staurothele drummondii,	Physcia tenella,	
				Lecanora lithophyla,	Tephromela aglae	Physcia tribacia	
				Lecanora muralis ^{1,4}	Trapelia coaretata,	Umbilicaria deusta	
				Lecanora polytropa,	Verrucaria fusca,	Vulpicida pinastri ⁵	
				Lecanora umbrina,	Verrucaria fuscella ⁵		
			Lecidea fuscoatra,	Verrucaria muralis,			
			Lecidea lapicida	Verrucaria nigrescent			
			Lecidella anomaloides,				
			Lecidella carpathica				
			Lecidella scabra				
			Lecidella stigmatea				
			Lepraria incana				
			Lobothallia alphoplaca,				
			Алевролиты, аргиллиты	Петрофиты:			
				Acarospora badiofusca		Allantoparmelia alpicola	
				Acarospora veronensis		Arctoparmelia centrifuga	
				Bellemerea cinereorufescens		Lobaria scrobiculata	
				Dermatocarpon intestiniforme			
Lecanora sp.							
Lecidea sp.							
Rhizocarpon geographicum ⁵							
Tephromela aglae							
Verrucaria fuscella ⁵							
Verrucaria nigrescent ⁵							

Таблица 1. Приуроченность лишайников-эпилитов к литолого-петрографическим видам грунтов

Грунты				Лишайники-эпилиты			
Группа	Подгруппа	Тип	Вид	Накипные	Листовые	Кустовые	
Скальные и полускальные	Осадочные сцементированные	Карбонатные	Известняки, доломиты	Кальцефиты:			
				Acarospora sibirica,	Placidium lachneum,	Collema fuscovirens,	Gasparrinia decipiens
				Aspicilia maculata ⁴	Placopsis gelida	Collema limosum,	
				Biatora sp.	Placynthium nigrum ⁴	Collema multifidum	
				Caloplaca albolutescens,	Polychidium muscicola Polysporina simplex,	Collema polycarpon	
				Caloplaca decipiens	Porpidia crustulata ⁵	Dermatocarpon miniatum,	
				Caloplaca ferruginea ⁵	Protoblastenia rupestris ⁴	Peltula euploca ⁴	
				Caloplaca stillicidiorum ⁵	Protoparmelia badia,	Phaeophyscia orbicularis,	
				Candelariella aurella ⁵	Psorotichia schaereri ⁴	Phaeophyscia sciastra ⁵	
				Circinaria calcarea,	Rimularia furvella,	Physcia caesia ⁵	
				Circinaria contorta ⁴	Rinodina bischoffii,	Physcia tribacia,	
				Clauzadeana macula	Rinodina calcarea,	Physconia muscigena,	
				Collema cristatum ⁴	Rinodina lecanorina,	Xanthoria calcicola,	
				Collema subflacidum,	Sarcogyne hypophaea,	Xanthoria candelaria ⁵	
				Collema undulatum ⁴	Sarcogyne hypophaeoides,	Xanthoria elegans ⁵	
				Endopyrenium cinereum,	Sarcogyne regularis,	Xanthoria sorediata	
				Flavoplaca citrina,	Schaereria fuscocinerea,		
				Flavoplaca flavocitrina,	Staurothele caesia,		
				Flavoplaca polycarpa ⁵	Staurothele drummondii,		
				Lathagrium cristatum,	Thelidium minutulum,		
				Lathagrium fuscovirens ⁴	Variospora aurantia,		
				Lecania erysibe,	Verrucaria acrotella,		
				Lecania rabenhorstii,	Verrucaria calciseda ⁴		
				Lecania sylvestris,	Verrucaria floerkeana,		
				Lecanora albescens	Verrucaria fuscella,		
				Lecanora bolcana ⁴	Verrucaria glaucina,		
				Lecanora crenulate ⁴	Verrucaria muralis ⁴		
				Lecanora dispersa ⁴	Verrucaria nigrescens ⁴		
				Lecanora flotouriana,	Verrucaria rupestris		
				Lecanora muralis ^{1,4}	Verrucaria viridula		
				Lecanora perpruinosa,			
				Lecanora umbrina,			
				Lecidella stigmatea,			
				Lepraria incana			
Leproloma vouauxii							
Lobothallia radiosa,							
Мела	Кальцефиты:						
	Lecanora crenulate	Staurothele hymenogonia,	Collema polycarpon				
	Lecanora muralis ^{1,4}	Toninia cf. massata,	Xanthoria calcicola,				
	Lecidella sp.	Verrucaria acrotella,	Xanthoria elegans				
	Lepraria incana,	Verrucaria caerulea,					
	Leproloma membranaceum,	Verrucaria calciseda ⁴					
	Lobothallia radiosa ⁵	Verrucaria deversa,					
	Protoblastenia rupestris,	Verrucaria floerkeana,					
	Rinodina lecanorina,	Verrucaria fusca,					
	Sarcogyne privigna,	Verrucaria fuscella,					
	Sarcogyne regularis,	Verrucaria muralis,					
	Squamarina lentigera ¹	Verrucaria nigrescens ⁴					
		Verrucaria xyloxena,					

Таблица 1. Приуроченность лишайников-эпилитов к литолого-петрографическим видам грунтов

Грунты				Лишайники-эпилиты			
Группа	Подгруппа	Тип	Вид	Накипные	Листовые	Кустовые	
Скальные и полускальные	Осадочные сцементированные	Карбонатные	Мергели	Кальцефиты:			
				Acarospora cervina,	Lecanora muralis ^{1,4}	Collema fuscovirens,	
				Acarospora glaucocarpa,	Lecidella sp.	Collema limosum,	
				Acarospora oligospora,	Lecidella stigmataea,	Collema polycarpon	
				Acarospora veronensis,	Lecidella patavina,	Dermatocarpon miniatum,	
				Aspicilia calcarea,	Lepraria lobificans,	Phaeophyscia caesia,	
				Aspicilia contorta,	Leptogium lichenoides,	Phaeophyscia constipate,	
				Bacidia arnoldiana,	Leptogium tenuissimum,	Phaeophyscia sciastra,	
				Caloplaca aurantia,	Lobothallia radiosa ⁵	Physconia muscigena,	
				Caloplaca citrina,	Mycobilimbia lirida,	Xanthoria calcicola,	
				Caloplaca coronata,	Myxobilimbia sabuletorum,	Xanthoria elegans,	
				Caloplaca decipiens,	Placidium rufescens,	Xanthoria sorediata	
				Caloplaca flavovirescens,	Placynthium nigrum		
				Caloplaca sinapisperma,	Polychidium muscicola		
				Caloplaca variabilis,	Psora decipiens,		
				Caloplaca vitellinula,	Rinodina bischoffii,		
				Candelariella aurella ⁵	Rinodina calcarea,		
				Candelariella medians,	Rinodina immersa,		
				Chrysothrix chlorina,	Rinodina lecanorina,		
				Clauzadea monticola,	Rinodinella controversa,		
				Clauzadeana macula	Sarcogyne privigna,		
				Collema cristatum ⁴	Staurothele areolata,		
				Diplotomma alboatrum,	Tephromela atra,		
				Diplotomma chlorophaeum,	Toninia candida,		
				Endocarpon adsurgens,	Verrucaria acrotella,		
				Endocarpon pusillum,	Verrucaria caerulea,		
				Glypholecia scabra,	Verrucaria calciseda ⁴		
				Lecania erysibe,	Verrucaria dufourii,		
		Lecania nylanderiana,	Verrucaria muralis,				
		Lecania rabenhorstii,	Verrucaria nigrescens ⁴				
		Lecania turicensis,	Verrucaria pontica				
		Lecanora atosulphurea					
				Петрофиты:			
				Lecanora sp.	Allantoparmelia alpicola		
		Lecidea sp.	Arctoparmelia centrifuga				
		Protoblastenia rupestris,					
		Sarcogyne regularis,					
		Verrucaria acrotella,					
		Verrucaria caerulea,					
		Verrucaria fuscella,					
		Verrucaria muralis,					
		Verrucaria nigrescent					
	Кремнистые	Опоки, трепел					

Таблица 1. Приуроченность лишайников-эпилитов к литолого-петрографическим видам грунтов

Грунты				Лишайники-эпилиты					
Группа	Под-группа	Тип	Вид	Накипные	Листовые	Кустовые			
							Хазмофиты:		
Дисперсные несвязные Осадочные и вулканогенно-осадочные	Силикатные	Крупнообломочные	Вагунные, глыбовые, щебнистые	Acarospora badiofusca	Lecidea leucothallina	Allantoparmelia alpicola	Peltigera rufescens ⁵	Alectoria sarmentosa Bryocaulon divergens	
				Acarospora fuscata ⁴	Lecidea lithophila Lecidea praenubila Lecidea silacea Lithographa tesserrata	Arctoparmelia centrifuga	Physcia caesia	Bryoria chalybeiformis	
				Acarospora veronensis	Miriquidica leucophaea	Arctoparmelia incurva	Umbilicaria arctica Umbilicaria aprina	Bryoria nitidula	
				Amygdalaria panaeola	Montanelia soredata ⁴	Arctoparmelia separata	Umbilicaria cylindrica	Cladina mitis	
				Amygdalaria pelobotryon	Myriolecis crenulate ⁴	Asahinea chrysantha	Umbilicaria decussata Umbilicaria deusta,	Cladonia borealis	
				Amygdalaria pelobotryon	Myriolecis dispersa ⁴	Asahinea scholanderi	Umbilicaria grisea	Cladonia botrytis ⁵	
				Aspicilia aqutica	Lecanora muralis ^{1,4}	Brodoa atrofusca	Umbilicaria hirsuta	Cladonia cervicornis Cladonia chlorophaea ⁵	
				Aspicilia caesiocinerea ¹	Ochrolechia androgyna Ochrolechia lactea ¹	Brodoa intestinifirmis	Umbilicaria hyperborea	Cladina stygia	
				Aspicilia cinerea ⁴	Ophioparma ventosa Orphniospora moriopsis	Brodoa oroarctica	Umbilicaria krascheninnikovii	Cladonia coccifera ⁵	
				Aspicilia cupreogrisea	Pannaria praetermissa ¹	Collema furfuraceum	Umbilicaria leiocarpa	Cladonia coniocraea ⁵	
				Aspicilia laevata	Physcia phaea ⁴	Flavoparmelia soredians	Umbilicaria polyphylla Umbilicaria rigida	Cladonia decorticata Cladonia digitata ⁵	
				Aspicilia myrinii	Placopsis sp.	Hypogymnia physodes	Umbilicaria proboscidea	Cladonia deformis ⁵	
				Aspicilia simoensis		Hypogymnia subobscura			
				Aspicilia verrucigera		Massalongia carnosa	Umbilicaria torrefacta		Cladonia ecmocyna Cladonia fimbriata ⁵
				Bellemerea alpina					
				Bellemerea subsorediza	Pleopsidium chlorophanum	Melanelia commixta	Umbilicaria vellea	Cladonia gracilis ⁵	
				Bellemerea cinereorufescens	Porpidia albocaerulescens Porpidia cinereoatra ¹	Melanelia disjuncta	Xanthoparmelia conspersa ⁴	Cladonia macilenta ⁵	
				Buellia aethalia	Porpidia flavocaerulescens Porpidia glaucophaea Porpidia macrocarpa Porpidia tuberculosa				
					Protoparmelia badia				
				Buellia ambigua	Protoparmeliopsis macrocyclos ¹	Melanelia hepatizon	Xanthoparmelia somloensis ⁴	Cladonia pyxidata	
				Buellia badia	Rhizocarpon alpicola Rhizocarpon cinereonigrum Rhizocarpon distinctum ⁴	Melanelia panniformis	Xanthoparmelia stenophylla	Cladonia rei ⁵	
				Buellia stigmatea	Rhizocarpon geographicum	Melanelia stygia Neofuscelia pulla ^{1,4}	Xanthoparmelia verruculifera ⁴	Cladonia uncialis	
				Candelariella aurella ⁵	Rhizocarpon grande ⁴	Nephroma arcticum	Xanthoria elegans	Cladonia verticillate ⁵	
				Candelariella vitellina ⁴	Rhizocarpon superficiale	Nephroma parile,	Xanthoria parietina	Ephebe lanata	
				Carbonea vorticosa	Rhizocarpon umbilicatum	Parmelia fraudans,		Ephebe perspinulosa	
				Catolechia wahlenbergii					
				Chrysothrix chlorina	Rhizoplaca chrysoleuca	Parmelia omphalodes		Flavocetraria cucullata,	
				Diploschistes scruposus	Rhizoplaca melanophthalma	Parmelia saxatilis ⁴		Flavocetraria nivalis	
				Fuscidea mollis	Rhopalospora lugubris	Parmelia skultii		Ochrolechia frigida Pseudephebe minuscula Stereocaulon arcticum Stereocaulon botryosum ¹ Stereocaulon condensatum Stereocaulon dactylophyllum Stereocaulon depressum Stereocaulon paschale Stereocaulon spathuliferum ¹ Stereocaulon rivulorum Stereocaulon vesuvianum ¹	
				Halecania alpivaga ²					
				Hymenelia ceracea	Rimularia impavida	Parmelia sulcata,			
				Hymenelia epulotica	Sporastatia polyspora	Peltigera canina ⁵			
				Lecanora bicincta	Sporastatia testudinea	Peltigera didactyla ⁵			
				Lecanora campestris	Stereocaulon saviczii	Peltigera praetextata ⁵			
Lecanora chlorophaeoides	Tremolecia atrata								
Lecanora dispersa ⁴									
Lecanora intricata ⁴									
Lecanora marginata									
Lecanora polytropa									
Lecanora valesiaca ¹									
Lecidea athrocarpoides									
Lecidea atrobrunnea									
Lepraria neglecta ⁴									
Lecidea inops									
Lecidea lapicida									

Таблица 1. Приуроченность лишайников-эпилитов к литолого-петрографическим видам грунтов

Грунты				Лишайники-эпилиты						
Группа	Подгруппа	Тип	Вид	Накшпные	Листовые	Кустовые				
Дисперсные несвязные	Осадочные и вулканогенно-осадочные	Карбонатные	Крупнообломочные Вадунные, глыбовые, щебнистые	Кальцефитные хазмофиты:						
				Acarospora badiofusca		Collema polycarpon	Cladonia acuminata Cladonia chlorophaea ⁴ Cladonia pocillum ⁴			
				Bilimbia sabuletorum ⁴		Xanthoria elegans	Cladonia pyxidate ⁴			
				Clauzadeana macula			Cladonia symphylicarpa ⁴			
				Collema cristatum ⁴						
				Lecidella sp.						
				Pannaria leucophaea						
				Placynthium nigrum						
		Scytinium lichenoides ⁴								
					Псаммофиты:					
				Diploschistes muscorum	Lecidea uliginosa, Placynthiella uliginosa, Trapeliopsis granulosa	Flavocetraria cucullata Flavocetraria nivalis Peltigera didactyla	Baeomyces roseus, Cetraria ericetorum ¹ Cetraria islandica ¹ Cetraria laevigata ¹ Cladonia amaurocraea, Cladonia arbuscula, Cladonia cariosa, Cladonia cenotea Cladonia cervicornis, Cladonia coccifera, Cladonia coniocraea, Cladonia cornuta Cladonia deformis Cladonia gracilis Cladonia rangiferina Cladonia stellaris, Cladonia stricta, Cladonia stygia Flavocetraria cucullata, Stereocaulon glareosum Stereocaulon paschal			
					Пелитофиты:					
		Дисперсные связные	Осадочные и вулканогенно-осадочные	Полиминеральные	Лесовые	Diploschistes muscorum	Xanthoria parietina,	Cladonia deformis		
						Physcia hispida, Physcia adscendens, Ramalina farinacea				
						Пелитофиты:				
							Baeomyces carneus	Xanthoria parietina	Cladonia amaurocraea, Cladonia arbuscula, Cladonia cariosa, Cladonia cervicornis, Cladonia coccifera, Cladonia coniocraea, Cladonia deformis Cladonia stellaris	
							Baeomyces roseus			
							Baeomyces fufus			
	Полиминеральные				Торфяные	Baeomyces fufus	Peltigera malacea	Cetraria nigricans		
						Icmadophila ericetorum, Lecidea granulosa		Cladonia gracilis		

Таблица 1. Приуроченность лишайников-эпилитов к литолого-петрографическим видам грунтов

Грунты				Лишайники-эпилиты		
Группа	Подгруппа	Тип	Вид	Накипные	Листовые	Кустовые
Дисперсные связные	Осадочные и вулканогенно-осадочные	Полиминеральные	Почвы	Эпигейды:		
				Aspicilia aqutica	Aspicilia esculenta	Alectoria nigricans Alectoria ochroleuca Baeomyces roseus
				Baeomyces carneus	Cetraria sepincola ¹	Baeomyces fufus
				Baeomyces placophyllus	Cornicularia steppae	Bryocaulon divergens
				Catolechia wahlenbergii	Hypogymnia physodes	Bryoria nitidula
				Diploschistes scruposus	Hypogymnia subobscura	Bryoria simplicior
				Lecanora polytropa	Hypogymnia vittata	Cetraria aculeata
				Lecidea uliginosa,	Parmelia omphalodes	Cetraria ericetorum
				Ochrolechia tartarea	Parmelia russolea	Cetraria islandica
				Ophioparma ventosa	Parmelia vagans	Cetraria nigricans
				Ramalina polymorpha	Parmeliopsis ambigua	Cetraria odontella
				Ramalina strepsilis	Peltigera didactyla,	Cetrariella delisei
					Peltigera horizontalis	Cladina mitis
					Peltigera scabrosa	Cladonia amaurocraea,
					Psoroma hypnorum	Cladonia arbuscula,
					Umbilicaria cylindrica	Cladonia borealis
					Vulpicida pinastri ⁵	Cladonia cariosa,
					Xanthoparmelia camtschadalis	Cladonia cervicornis,
						Cladonia chlorophaea
						Cladonia coccifera,
						Cladonia coniocraea,
						Cladonia cornuta
						Cladonia deformis
						Cladonia digitata
						Cladonia ecmocyna
						Cladonia grayi
						Cladonia pleurota
						Cladonia stellaris,
						Sphaerophorus fragilis
						Sphaerophorus globosus
						Stereocaulon alpinum Stereocaulon arcticum
						Stereocaulon condensatum Stereocaulon dactylophyllum
		Stereocaulon glareosum Stereocaulon incrustatum				
		Stereocaulon paschale Stereocaulon rivulorum Stereocaulon saxatile ¹ Thamnolia vermicularis				

Таблица 1. Приуроченность лишайников-эпилитов к литолого-петрографическим видам грунтов

Грунты				Лишайники-эпилиты			
Группа	Подгруппа	Тип	Вид	Накипные	Листовые	Кустовые	
Дисперсные связные	Осадочные и вулканогенно-осадочные	Полиминеральные	Почвы	Глинистые	Baeomyces carneus	Massalongia carnosa	Bryoria nitidula
					Baeomyces placophyllus	Peltigera scabrosa	Cetrariella delisei
					Baeomyces rufus		Cladonia rangiferina
					Collema limosum		Cladonia stygia
							Cladonia bellidiflora Cladonia chlorophaea Cladonia crispata
							Cladonia ecmocyna
							Cladonia fimbriata
							Cladonia squamosa
				Торфяные, тундровые	Collema limosum	Massalongia carnosa	Cetraria ericetorum
					Icmadophila ericetorum,	Nephroma expallidum	Cetraria islandica
					Lecideia granulosa,	Peltigera malacea	Cetraria nigricans
					Placynthiella uliginosa	Psoroma hypnorum	Cetrariella delisei
						Solorina crocea	Cladonia portentosa
							Cladonia rangiferina
							Cladonia cervicornis Cladonia coccifera
							Cladonia decorticata Cladonia gracilis
						Cladonia grayi	
						Cladonia macroceras	
						Cladonia metacorallifera	
						Cladonia stygia	
						Cladonia sulphurina	
						Stereocaulon condensatum	
			Карбонатные	Collema cristatum ⁴	Toninia aromatica,	Cladonia acuminata	
				Collema limosum	Toninia coeruleonigricans,		
				Collema tenax,	Toninia physaroides,		
				Endocarpon adsurgens,	Toninia sedifolia,		
				Endocarpon pusillum,	Verrucaria fusca		
				Fulgensia bracteata,			
				Leptogium subtile			
				Phaeophyscia constipata			
			Placynthium nigrum				

Примечания: ¹ – диморфный; ² – облигатный, на слюдяном мельтейгите; ³ – облигатный, на нефелиновых сиенитах; ⁴ – облигатный; ⁵ – факультативный

ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ЛИШАЙНИКОВ-ЭПИЛИТОВ ▶

Ресурсная функция в ЭГС ▶

Ресурсная функция лишайников-эпилитов состоит в их влиянии на ресурс геологического пространства, обеспечении питательными ресурсами биоценозов,

создании среды обитания организмов. Лишайники-эпилиты занимают ресурс пространства, в том числе геологического, которое не освоено другими, в том числе фанерогамными³, растениями.

Прежде всего, эпилиты выполняют роль *продуцентов* в ЭГС. Например, лишайниковые биологические почвенные корки (БПК) продуцируют биомас-

су, поступающую в данную ЭГС. Продуценты БПК дают прибежище и корм ряду групп беспозвоночных животных, связанных с БПК, о чем свидетельствует многократное превышение численности представителей микроартропод, нематод на участках с БПК по сравнению с голой поверхностью почвы при прочих равных условиях [21].

2 Фанерогамное растение – обширная группа семенных растений.



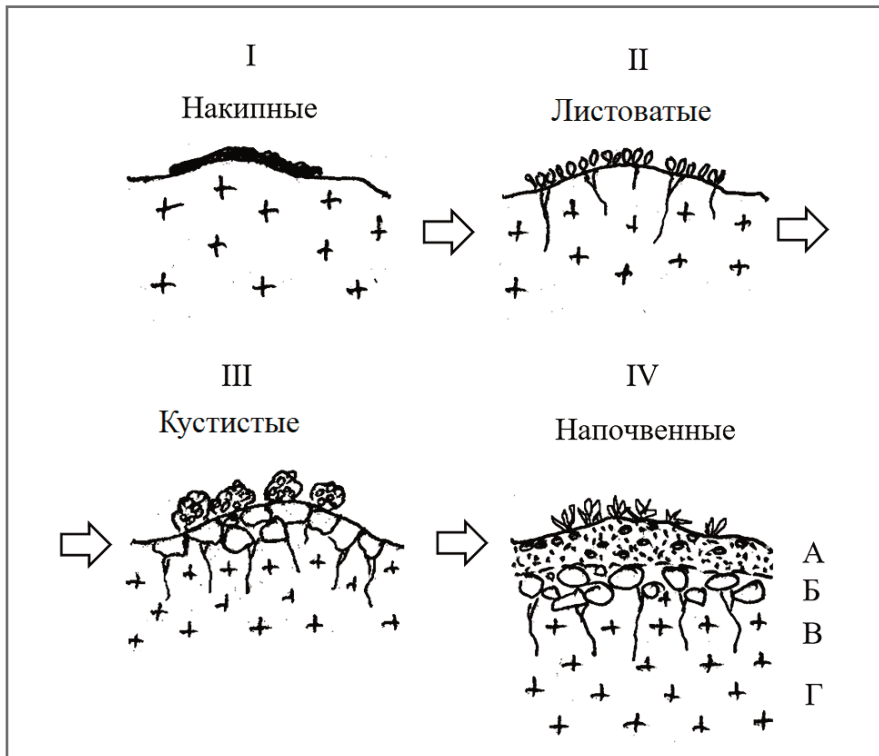


Рис. 3. Схема смены сукцессий лишайников-эпилитов при биогенном выветривании скальных горных пород (составил В.А. Королев): I–IV – стадии сукцессий; зоны выветривания: А – дисперсная, почва; Б – обломочная; В – трещинная; Г – материнская порода

Вследствие этого эпилиты составляют важный ресурс питания для многих беспозвоночных и позвоночных животных. Например, в зоне тундры широко распространены бабочки-лишайницы (*Eilema*) – представители обширного рода чешуекрылых, питающихся и развивающихся на лишайниках. Для северного оленя основной кормовой базой является ягель, или «олений мох», представленный преимущественно эпилитными лишайниками рода кладония (*Cladonia rangiferina* и др.).

Важную роль в ЭГС эпилиты выполняют, создавая среду обитания беспозвоночных (клещей, ногохвосток, насекомых и др.) и позвоночных (пресмыкающихся, птиц, грызунов) животных.

Геодинамическая функция в ЭГС

Лишайники-эпилиты являются активными агентами биологического выветривания любых горных пород. При этом биогенное выветривание горных пород происходит стадийно, в соответствии со сменой сукцессий и очередностью развития накипных, листоватых, а затем и кустистых форм, ведущих к формированию трещинной, обломочной и дисперсной зон коры выветривания (рис. 3).

Лишайники-эпилиты и особенно эпигейные лишайники являются важ-

ными участниками процесса почвообразования. Среди представителей микробного мира лишайники считаются наиболее вероятными первыми в истории Земли организмами-гумификаторами, способствовавшими накоплению гуминовых веществ в значимых количествах.

Наряду с этим напочвенные лишайники формируют биологические почвенные корки (БПК), которые усложняют их структуру и повышают эффективность использования биотой солнечной энергии, других ресурсов. БПК предохраняет почву от ветровой и водной эрозии, влияет на гидротермический режим сообщества, прорастание семян, закрепление растений.

Многие накипные эпилиты являются маркерами «возраста» геологических процессов (извержений, обвалов, каменных лавин и т. п.) за последние 10 тыс. лет. На этом основана лишенохронология.

Геохимическая функция в ЭГС

Лишайники-эпилиты участвуют в геохимическом круговороте веществ, потребляя (фиксируя) из воздуха, воды и горных пород одни вещества и выделяя другие. За счет этого они могут формировать определенные типы агрессивности среды, влияющие на выветри-

вание и геохимические процессы, обуславливая специфические биогеохимические барьеры.

Напочвенные лишайники активно влияют на геохимические процессы в почвах. Часть первичной продукции БПК отмирает и разлагается, обогащая почву органическими и минеральными веществами, включаемыми в геохимический круговорот сообщества. Представленные в нем цианобактерии, например нередкий в степях Монголии вид *Nostoc commune* и цианолишайники таких родов, как *Collema*, *Heppia*, *Peltigera*, и др., способны фиксировать азот атмосферы, соединения которого в конечном счете попадают в почву.

Установлено, что лишайники служат значимым источником аминокислот, спиртов, кислот и сахаров, которые под воздействием атмосферных осадков могут поступать в почву и участвовать в процессе гумификации. Наибольший интерес представляют пельтигеровые цианолишайники, поскольку содержание гумусовых предшественников в них в несколько раз выше, чем в леканоровых видах [10].

В целом для лишайников родов *Peltigera*, *Lobaria*, *Platismatia*, *Parmelia*, *Cetraria* отмечена значительная вариабельность по содержанию аминокислот в талломах: минимальные и максимальные значения отличаются на порядок. В среднем количество белковых аминокислот составило около 100 миллиграмм на грамм сухой массы таллома, свободных аминокислот – до 2 мг/г [18].

Наряду с этим лишайники-эпилиты играют большую роль в обеспечении ферментативной активности грунтов. Одними из основных ее видов для лишайников является уреазная и каталазная активность. Известно, что каталаза долгое время сохраняет свою активность и стабильность даже в условиях, неблагоприятных для жизнедеятельности эпилитов благодаря иммобилизации с хитин-глюкановым комплексом (ХГК) «клеточной стенки» таллома лишайника [2]. Внутриклеточные ферменты, в том числе каталаза, представляют собой коллоидные частицы и входят в состав клеточной стенки микобионта. Изменение структуры клеточной стенки эпилитов (потеря влаги, набухание и др.) влияют на активность фермента и скорость ферментативных реакций. Активность фермента во времени зависит от содержания воды в слоевище эпилита. Потеря влаги при длительном хранении значительно снижает активность фермента, а незначительное сни-

жение влажности при сезонной изменчивости повышает каталитическую активность фермента и является защитной реакцией лишайников на стресс.

В целом лишайники содержат много различных ферментов – амилазу, инвертазу, уреазу, каталазу, лихеназу и др., в том числе и ферменты внеклеточного действия. Активность ферментов, участвующих в обмене веществ и находящихся в микобионте лишайников, неодинакова. Она зависит от их видовых особенностей. Уреазная активность у лишайников весьма значительна. Например, у *Cladonia verticillata* 75% уреазной активности сосредоточено в фикобионте. Богаты лишайники и витаминами, в числе которых аскорбиновая и никотиновая кислоты, биотин, цианокобаламин и др.

ЛИШАЙНИКИ-ЭПИМАТЕРИАЛЫ В ТЕХНОГЕННЫХ ЭГС

Наряду с лишайниками-эпилитами, использующими природные субстраты из горных пород, не меньшее значение имеют и такие лишайники, которые развиваются на поверхностях различных материалов антропогенного происхождения (древесины (эпиксильные лишайники), кирпича, бетона, отделочного камня, шифера, асбеста и т. д.) инженерных сооружений в техногенных эколого-геологических системах, которые можно назвать *лишайниками-эпиматериалами*. Иногда их называют *нитрофильными лишайниками* [15].

Они выступают агентами биоповреждения строительных материалов и конструкций. За счет их жизнедеятельности происходит разрушение строительных материалов с образованием черных и цветных пленок, пятен, питтинга, корочек и налетов, поверхностной эрозии, с изменением цвета материала, повышением его пористости, размягчением наружного слоя облицовки и т. д. [13]. Известны случаи разрушения зданий из-за их биокоррозии лишайниками. Лишайники поражают скульптуры и памятники, надгробия, историко-архитектурные объекты, каменные парапеты, крыши зданий и т. д. Общий ущерб от разрушения строительных материалов и конструкций лишайниками-биодеструкторами огромен.

Приуроченность лишайников-эпиматериалов к определенным техногенным субстратам пока изучена недостаточно, как недостаточно выявлена и в целом роль лишайников-эпилитов и лишайников-эпиматериалов в техногенных ЭГС. Тем не менее уже сейчас можно обозна-



Рис. 4. Лишайник вида *Xanthoria candelaris* на деревянном настиле (Соловки) [11]



Рис. 5. Повреждение шифера лишайниками [13]

чить тесную взаимосвязь некоторых лишайников с различными техногенными материалами.

Например, выделены лишайники, селящиеся на обработанной древесине и деревянных конструкциях (рис. 4). Это *эпиксильные лишайники* – лишайники, поселяющиеся на обнаженной или обработанной древесине. Обычно эта подгруппа близка к лишайникам, которые растут на коре деревьев, почве, иногда на скалах [19]. Среди них выделяются накипные (*Biatora*, *Imtadophila*, *Lecanora*, *Ochrolechia*, *Psora*, *Pertusaria*), листоватые (*Hypogymnia*, *Xanthoria*, *Parmelia*, *Parmeliopsis*, *Physcia*, *Lobaria*, *Nephroma*, *Cetraria*) и кустистые (*Cladonia*, *Evernia*, *Usnea*, *Ramalina*, *Anaptychia*) роды.

Обнаружены лишайники-эпиматериалы, использующие в качестве субстратов бетон и бетонные конструкции.

К ним относятся: *Lecanora crenulate*, *Lecanora dispersa*, *Lecanora hagenii*, *Lecanora umbrina*, *Phaeophyscia ciliate*, *Phaeophyscia nigricans*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia caesia*, *Physcia tenella*, *Physconia distorta*, *Rinodina bischoffii*, *Sarcogyne hypophaea*, *Verrucaria muralis*, *Xanthoparmelia somloensis*, *Xanthoria fallax*, *Xanthoria ulophyllodes* [12, 20].

На поверхности кирпича и кирпичных сооружений селятся лишайники *Acarospora sibirica*, *Lecanora hagenii*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Sarcogyne regularis*, *Verrucaria muralis*, *Xanthoria candelaria*, *Xanthoria elegans*, *Xanthoria parietina* [12, 20].

На поверхности шифера и шиферных крыш селятся *Lecanora hagenii*, *Phaeophyscia nigricans*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia dubia*, *Toninia sedifolia* [12], *Caloplaca sp.*, *Xanthoria sp.* [15] (рис. 5, 6). Исследования шифера на

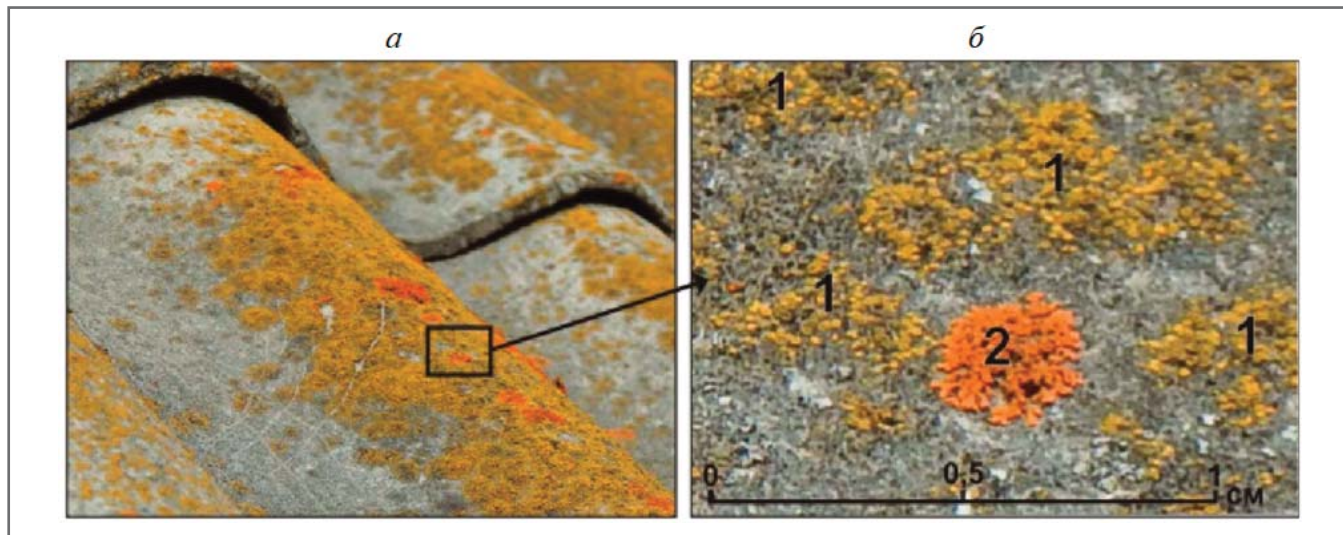


Рис. 6. Лишайники родов *Caloplaca* sp. (а) и *Xanthoria* sp. (б) на шифере в г. Горно-Алтайске [15]

крышах г. Горно-Алтайска показало, что его пораженность лишайниками *Caloplaca* sp. четко обусловлена очагами выпадения пыли от котельных, работающих на угле [15].

Еще больше видов лишайников обнаружено на исторических каменных сооружениях. Например, на каменистом субстрате антропогенного происхождения (каменных строительных кладках, крепостных стенах, мостовых и др.) в Псковской области обнаружено 29 видов лишайников. Среди них отмечено 13 видов облигатных эпилитов: *Calogaya decipiens*, *Flavoplaca citrina*, *Caloplaca saxicola*, *Candelariella aurella*, *Lecania erysibe*, *Lecanora cenisia*, *Lecanora umbrina*, *Lecidella anomaloides*, *Verrucaria muralis*, *Verrucaria nigrescens*, *Physcia caesia*, *Myriolecis crenulata*, *Myriolecis dispersa* [7].

Например, на «белокаменных» известняковых древних крепостях Пскова и Изборска выявлены *Acarospora glaucocarpa*, *Diplotomma alboatrum*, *Enchylium tenax*, *Lemphollemma dispansum*, *Myriolecis albescens* [7].

Наиболее широкое развитие лишайники-эпиматериалы имеют на поверхностях материалов древних и исторических сооружений – храмов, церквей, монастырей, крепостей, замков и т. п., относящихся к техногенным эколого-геологическим системам (рис. 7). Например, доминирующий эпилитный вид лишайника на территории поселка Соловецкий – *Xanthoria elegans*. Именно этот вид определяет цветовую гамму каменных стен Соловецкого монастыря. В начальной стадии роста этот вид образует правильные розетки, которые в дальнейшем разрастаются, в центральной части образуется зона выпадения,

внутри которой появляются новые талломы. Отдельные талломы сливаются, образуя сплошное покрытие красно-оранжевого цвета. На отдельных валунах на северной стене Соловецкого монастыря можно проследить, как новые талломы образуются по направлению дождевых стоков, формируя полосы из лишайниковых розеток. Наиболее обильно этот вид развивается в нижней и средней части стены. Это связано с условиями увлажнения.

О негативном влиянии лишайников на исторические инженерные сооружения и памятники было известно давно. Например, в отчете лондонского Общества строительных наук за 1928 г. указывались многочисленные случаи размягчения слоя камня под лишайниками [13]. В обследовании скульптуры дома Бецкого в г. Санкт-Петербурге было установлено, что серо-черная биопленка, покрывающая отдельные участки травертина, состоит преимущественно из мелких сливающихся слоевищ накипных лишайников, разрушающих субстрат.

Мониторинг состояния мраморных надгробий в г. Санкт-Петербурге позволил проследить развитие лишайников в течение продолжительного времени (рис. 8). Вначале на поверхности мрамора появляются накипные лишайники в виде отдельных черных точек, которые затем разрастаются до островков, постепенно увеличивающихся и смыкающихся друг с другом. К ним примешиваются водоросли, образующие совместно с лишайниками темный покров, крепко связанный с мрамором, трудно отделяющийся при отмывке и дающий черно-зеленую воду. Поверх накипных лишайников и рядом с ними

появляются и другие, более крупные, – листоватые лишайники (*Xanthoria parietina* и др.), представляющие собой покров, более высокий по своему рельефу и более яркий по окраске [13].

Наиболее агрессивна так называемая эндолитическая разновидность лишайников, способных расти вглубь каменного материала. При этом наиболее опасны быстрорастущие лишайники, например, кустистые виды. Проникновение лишайников вглубь материала может достигать 10 мм и более.

В процессах лишайниковой деструкции строительного камня участвуют как механический, так и химический факторы, но преобладает последний. Химическое воздействие на каменные и другие материалы обусловлено выделением лишайниками органических кислот (гуминовой, леканоровой и др.) и ферментов, получаемых из органических остатков и разрушающих материал. Проникнув в толщу строительного камня, они способствуют расширению трещин. Лишайники легко впитывают и легко теряют атмосферную воду. Периодическое изменение объема тела лишайника в зависимости от погодных условий приводит к дополнительным механическим напряжениям на поверхности и в микротрещинах камня, что в конечном счете приводит к его постепенному разрушению. Этот эффект усиливается в осенний и весенний периоды, когда происходит многократное циклическое замерзание и оттаивание воды.

Лишайники-эпиматериалы черного цвета, наиболее устойчивые к воздействию ультрафиолетового излучения, могут приводить к возникновению температурных механических напряжений в поверхностных слоях камня. Механи-



Рис. 7. Накипной лишайник-эпиматериал вида *Xanthoria elegans* на каменной кладке Соловецкого монастыря (2009 г., фото С.Д. Балыковой)



Рис. 8. Лишайники на памятниках [13]

ческое разрушение строительного камня усиливается за счет химической ферментативной активности. Было обнаружено, что лишайники способны выделять не только углекислоту и органические кислоты, характерные для грибов, но и специфические «лишайниковые» кислоты. Последние могут быть основной причиной химического разрушения строительного камня (ГОСТ Р 70005-2022) [6].

Для предупреждения разрушения строительных конструкций лишайниками согласно ГОСТ Р 70005-2022 необходимо проводить периодический (не реже двух раз в год – в весенний и осенний периоды) осмотр каменных (из природного и искусственного камня) строительных конструкций и элементов декора, а при обнаружении удалять (счищать) их с поверхности материала и выполнять биоцидную обработку поверхности каменной конструкции [6].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ►

Таким образом, выполненный анализ позволяет сделать следующие выводы:

1. Лишайники-эпилиты являются важнейшими компонентами эколого-геологических систем, обуславливающими сложные взаимосвязи между абиотическими и биотическими составляющими в ЭГС.

2. Разработана систематика лишайников-эпилитов по их взаимосвязи с определенными литолого-петрографическими типами грунтов.

3. Обнаруживается приуроченность накипных форм эпилитов к скальным грунтам магматического, метаморфического и осадочного генезиса, тогда как листоватые и кустистые формы больше тяготеют к дисперсным осадочным грунтам.

4. Эпигейные лишайники должны рассматриваться как разновидность лишайников-эпилитов.

5. Выявлена эколого-геологическая роль эпилитов в ЭГС и в формировании экологических функций литосферы – ресурсной, геодинамической и геохимической.

6. Выделены специфические лишайники-эпиматериалы, субстратом для которых служат техногенные материалы строительных и инженерных конструкций разного состава, играющие существенную роль в техногенных ЭГС.

Автор выражает благодарность старшему научному сотруднику кафедры инженерной и экологической геологии МГУ С.Д. Балыковой за предоставленные полевые фотографии лишайников-эпилитов. Работа выполнена в рамках государственной тематики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова «Эколого-геологические системы: структура, многообразие, систематика и их анализ» (раздел 0110 (для тем по госзаданию), номер 5-4-2021, номер ЦИТИС 121042200089-3). и

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ►

1. Андреев М.П. Эпилитные лецидеоидные лишайники России // Автореф. дисс... д.б.н. СПб.: Ботанич. ин-т им. В.Л. Комарова РАН, 2004. 24 с.
2. Бойцова Т.А., Паламарчук И.А., Бровко О.С., Вальчук Н.А., Слобода А.А., Жильцов Д.В. К вопросу о каталазной активности лишайников // Успехи современного естествознания. 2017. № 11. С. 7–11. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36573> (дата последнего обращения: 25.04.2023).
3. Бязров Л.Г., Мартынова Е.Ф., Медведев Л.Н. Ногохвостки (Collembola) в лишайниковых синузиях Хангая (МНР) // Бюллетень МОИП. Отдел. биологический. 1976. Т. 81. № 3. С. 66–73.
4. Гимельбрант Д.Е., Степанчикова И.С., Кузнецова Е.С. Лишайники на камнях. Ключевская группа вулканов: краткий полевой определитель. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2011. 21 с.
5. Головенко Е.А., Коршиков И.И. Особенности лишайной флоры гранитных и железорудных карьерно-отвалных комплексов Криворожья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. № 4 (5). С. 994–999.
6. ГОСТ Р 70005-2022. Сохранение объектов культурного наследия от биопоражений. Классификация, методы защиты и ликвидации последствий. Общие требования. М.: Российский ин-т стандартизации, 2022. 50 с.
7. Истомина Н.Б., Лихачева О.В. К изучению эпилитных лишайников Псковской области // Программа и тезисы докладов Международной конференции «Лишайники: от молекул до экосистем», г. Сыктывкар, 9–12 сентября 2019 г. С. 44–46.
8. Королёв В.А. Взаимосвязь литолого-петрографического состава грунтов и видового разнообразия лишайников-эпилитов в эколого-геологических системах // Ломоносовские чтения – 2023. Секция «Инженерная и экологическая геология». М.: МГУ, 2023. URL: <https://conf.msu.ru/rus/event/8033/>.
9. Корчиков Е.С. Лишайники и лишайничевые грибы Самарской Луки // Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия. 2010. № 4 (78). С. 165–177.
10. Кубик О.С., Шамрикова Е.В., Заварзина А.Г. Растворимые органические соединения в различных видах лишайников // Программа и тезисы докладов Международной конференции «Лишайники: от молекул до экосистем», г. Сыктывкар, 9–12 сентября 2019 г. С. 50–51.
11. Лихенофлора поселка Соловецкий и его окрестностей // Lichenhouse.narod.ru. URL: <http://www.lichenhouse.narod.ru/29/2/1.htm>. Дата последнего обращения: 19.02.2023.
12. Мучник Е.Э. Лишайники каменистых субстратов Центрального Черноземья // Новости систематики низших растений. СПб., 2005. Т. 38. С. 251–260.
13. Поверхностные дефекты. Лишайники. 2008–2020 // Stone2art.ru. URL: <https://www.stone2art.ru/поверхностные-дефекты/Lishajniki>. Дата последнего обращения: 18.02.2023.
14. Погодина Е.В., Гришмина Е.Л. Лишайники на кварцевом песчанике в долине р. Усьва и на хребте Рудянский Спой // Вестник ПГГПУ. Сер. № 2. Физико-математические и естественные науки. Биология. 2013. С. 25–31.
15. Робертус Ю.В., Рихванов Л.П., Ситникова В.А., Савенко К.С., Большунова Т.С. Элементный состав лишайника на шифере как биоиндикатор загрязнения атмосферы агломерации г. Горно-Алтайска // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329. № 4. С. 70–78.
16. Седелникова Н.В. Лишайники – индикаторы горных пород // Нетрадиционные методы в исследованиях растительности Сибири. Новосибирск: Наука, 1982. С. 35–40.
17. Сони́на А.В. Экологические и субстратные характеристики эпилитной группы лишайников на северо-западе России // Программа и тезисы докладов Международной конференции «Лишайники: от молекул до экосистем», г. Сыктывкар, 9–12 сентября 2019 г. С. 86–87.
18. Табаленкова Г.Н., Захожий И.Г., Головкин Т.К. Аминокислотный и элементный состав лишайников // Программа и тезисы докладов Международной конференции «Лишайники: от молекул до экосистем», г. Сыктывкар, 9–12 сентября 2019 г. С. 91–92.
19. Фендюр Л.М., Галица В.В. Классификация лишайников в зависимости от систематического положения микобионта и экологических условий // Вісник Запорізького державного університету. № 3. 2002. С. 1–6. URL: <https://web.znu.edu.ua/herald/issues/archive/articles/2809.pdf>.
20. Цуриков А.Г. Предварительные сведения об эпилитных лишайниках Беларуси // Вестн. Оренбургск. гос. педагог. ун-та. 2021. № 2 (38). С. 71–85. DOI: 10.32516/2303-9922.2021.38.6. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_46263536_87822701.pdf. Дата последнего обращения: 23.02.2023.
21. Belnap J., Lange O.L. (eds.). Biological soil crusts: structure, function, and management. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2003. 503 p.

REFERENCES ►

1. Andreev M.P. Epilithic leciideoid lichens of Russia // Avtoref. disS... d.b.n. SPb.: Botanich. in-t im. V.L. Komarova RAN, 2004. 24 s. (in Rus.).
2. Boitsova T.A., Palamarchuk I.A., Brovko O.S., Val'chuk N.A., Sloboda A.A., Zhil'tsov D.V. K voprosu o katalaznoi aktivnosti lishainikov [On the issue of catalase activity of lichens] // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2017. № 11. S. 7–11. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36573> (data poslednego obrashcheniya: 25.04.2023) (in Rus.).

3. Byazrov L.G., Martynova E.F., Medvedev L.N. Nogokhvostki (Collembola) v lishainikovykh sinuziyakh Khangaya (MNR) [Springtails (Collembola) in the lichen synusia of Khangai (MPR)] // Byulleten' MOIP. Otdel. biologicheskii. 1976. T. 81. № 3. S. 66–73 (in Rus.).
4. Gimel'brant D.E., Stepanchikova I.S., Kuznetsova E.S. Lishainiki na kamnyakh. Klyuchevskaya gruppa vulkanov: kratkii polevoi opredelitel' [Lichens on rocks. Klyuchevskaya group of volcanoes: a brief field guide.]. Petropavlovsk-Kamchatskii: Kamchatpress, 2011. 21 s. (in Rus.).
5. Golovenko E.A., Korshikov I.I. Osobennosti likhenflory granitnykh i zhelezorudnykh kar'erno-otval'nykh kompleksov Krivorozh'ya [Peculiarities of lichen flora of granite and iron ore dump complexes of Krivoy Rog] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk. 2015. T. 17. № 4 (5). S. 994–999(in Rus.).
6. GOST R 70005-2022. Sokhranenie ob"ektov kul'turnogo naslediya ot bioporazhenii. Klassifikatsiya, metody zashchity i likvidatsii posledstviy. Obshchie trebovaniya [GOST R 70005-2022. Preservation of cultural heritage objects against biological damage. Classification, methods of protection and elimination of consequences. General requirements]. M.: Rossiiskii in-t standartizatsii, 2022. 50 s. (in Rus.).
7. Istomina N.B., Likhacheva O.V. K izucheniyu ehpilitnykh lishainikov Pskovskoi oblasti [On the study of epilithic lichens in the Pskov region] // Programma i tezisy dokladov Mezhdunarodnoi konferentsii «Lishainiki: ot molekul do ehkositseM», g. Syktyvkar, 9–12 sentyabrya 2019 g. S. 44–46 (in Rus.).
8. Korolev V.A. Vzaimosvyaz' litologo-petrograficheskogo sostava gruntov i vidovogo raznoobraziya lishainikov-ehpilitov v ehkologo-geologicheskikh sistemakh [Relationship between the lithological-petrographic composition of grounds and the species diversity of epilithic lichens in ecological-geological systems] // Lomonosovskie chteniya – 2023. Sektsiya «Inzhenernaya i ehkologicheskaya geologiYA». M.: MGU, 2023. URL: <https://conf.msu.ru/rus/event/8033/> (in Rus.).
9. Korchikov E.S. Lishainiki i nelikhenizirovannye griby Samarskoi Luki [Lichens and non-lichenized fungi of Samarskaya Luka] // Vestnik SaMGU. Estestvennonauchnaya seriya. 2010. № 4 (78). S. 165–177 (in Rus.).
10. Kubik O.S., Shamrikova E.V., Zavarzina A.G. Rastvorimye organicheskie soedineniya v razlichnykh vidakh lishainikov [Soluble organic compounds in various lichen species] // Programma i tezisy dokladov Mezhdunarodnoi konferentsii «Lishainiki: ot molekul do ehkositseM», g. Syktyvkar, 9–12 sentyabrya 2019 g. S. 50–51 (in Rus.).
11. Likhenoflora poselka Solovetskii i ego okrestnostei [Lichen flora of the village of Solovetsky and its environs] // Lichenhouse.narod.ru. URL: <http://www.lichenhouse.narod.ru/29/2/1.htm>. Data poslednego obrashchenniya: 19.02.2023 (in Rus.).
12. Muchnik E.Eh. Lishainiki kamenistykh substratov Tsentral'nogo Chernozem'ya [Lichens of stony substrates of the Central Chernozem region] // Novosti sistematiki nizshikh rastenii. SPb., 2005. T. 38. S. 251–260 (in Rus.).
13. Poverkhnostnye defekty. Lishainiki. 2008–2020 [Surface defects. Lichens. 2008–2020] // Stone2art.ru. URL: <https://www.stone2art.ru/poverkhnostnye-defekty/lishajniki>. Data poslednego obrashchenniya: 18.02.2023 (in Rus.).
14. Pogudina E.V., Grishmna E.L. Lishainiki na kvartsevom peschanike v doline r. Us'va i na khrebtse Rudyanskii Spoi [Lichens on quartz sandstones in the valley of the Usva river and on the Rudyansky Spoi ridge] // Vestnik PGGPU. Ser. № 2. Fiziko-matematicheskie i estestvennye nauki. Biologiya. 2013. S. 25–31 (in Rus.).
15. Robertus YU.V., Rikhvanov L.P., Sitnikova V.A., Savenko K.S., Bol'shunova T.S. Ehlementnyi sostav lishainika na shifere kak bioindikator zagryazneniya atmosfery aglomeratsii g. Gorno-Altayskaya [Elemental composition of lichen on slate as a bioindicator of atmospheric pollution in the Gorno-Altaysk agglomeration] // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov. 2018. T. 329. № 4. S. 70–78 (in Rus.).
16. Sedel'nikova N.V. Lishainiki – indikatory gornyykh porod [Lichens are indicators of rocks and soils] // Netraditsionnye metody v issledovaniyakh rastitel'nosti Sibiri. Novosibirsk: Nauka, 1982. S. 35–40 (in Rus.).
17. Sonina A.V. Ehkologicheskie i substratnye kharakteristiki ehpilitnoi gruppy lishainikov na severo-zapade Rossii [Ecological and substrate characteristics of the epilithic group of lichens in the North-West of Russia] // Programma i tezisy dokladov Mezhdunarodnoi konferentsii «Lishainiki: ot molekul do ehkositseM», g. Syktyvkar, 9–12 sentyabrya 2019 g. S. 86–87 (in Rus.).
18. Tabalenkova G.N., Zakhzhii I.G., Golovko T.K. Aminokislotnyi i ehlementnyi sostav lishainikov [Amino acid and elemental composition of lichens] // Programma i tezisy dokladov Mezhdunarodnoi konferentsii «Lishainiki: ot molekul do ehkositseM», g. Syktyvkar, 9–12 sentyabrya 2019 g. S. 91–92 (in Rus.).
19. Fendyr L.M., Galitsa V.V. Klassifikatsiya lishainikov v zavisimosti ot sistemacheskogo polozheniya mikobionta i ehkologicheskikh uslovii [Classification of lichens depending on the systematic position of the mycobiont and environmental conditions] // Visnik Zaporiz'kogo derzhavnogo universitetu. № 3. 2002. S. 1–6. URL: <https://web.znu.edu.ua/herald/issues/archive/articles/2809.pdf> (in Rus.).
20. Tsurikov A.G. Predvaritel'nye svedeniya ob ehpilitnykh lishainikakh Belarusi [Preliminary information about epilithic lichens in Belarus] // Vestn. Orenburgsk. gos. pedagog. un-ta. 2021. № 2 (38). S. 71–85. DOI: 10.32516/2303-9922.2021.38.6. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_46263536_87822701.pdf. Data poslednego obrashchenniya: 23.02.2023 (in Rus.).
21. Belnap J., Lange O.L. (eds.). Biological soil crusts: structure, function, and management. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2003. 503 p.



TRUMER
Schutzbauten

www.trumer.cc

Россия:
ООО «РТ Трумер»
119002, г. Москва, переулок Сивцев Вражек,
дом 29/16

Тел.: +7 915 022 75 17
E-Mail: info@trumer.su

ЗАЩИТА ОТ ПРИРОДНЫХ ОПАСНОСТЕЙ

TRUMER Schutzbauten — ваш компетентный и опытный партнер в области обеспечения эффективной защиты от природных опасностей:

- ▶ камнепадов,
- ▶ оползней,
- ▶ селей,
- ▶ обвалов,
- ▶ лавин,
- ▶ береговой эрозии.



Следуя девизу

**«БЕЗОПАСНОСТЬ, ОБЕСПЕЧЕННАЯ ПРОФЕССИОНАЛАМИ, —
БЕЗОПАСНОСТЬ БЕЗ КОМПРОМИССОВ»,**

компания ТРУМЕР разрабатывает и реализует надежные,
эффективные и экономичные решения.

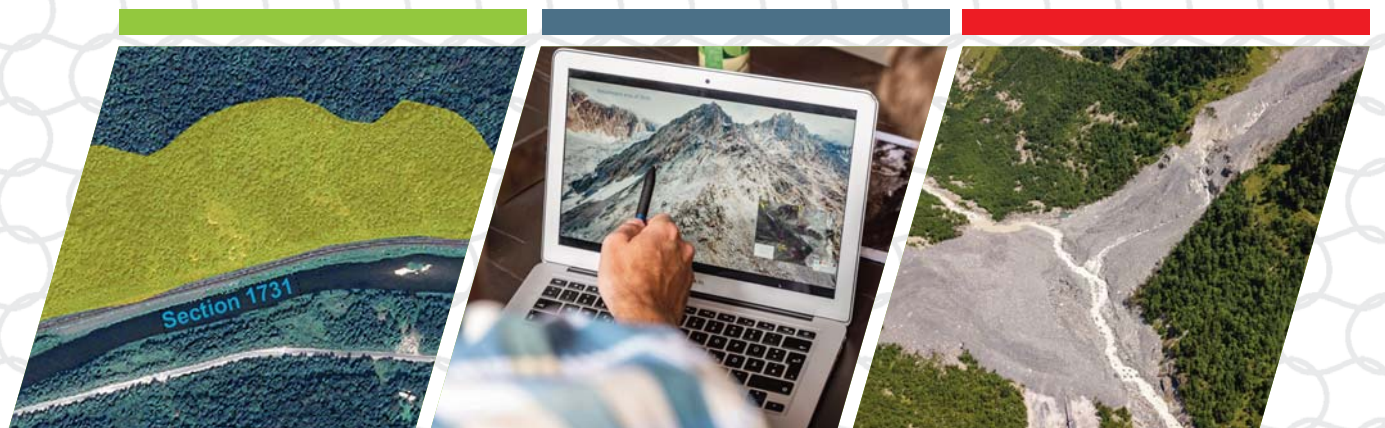


Mountain
Risk
Consultancy

ЗАЩИТА ОТ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И СНИЖЕНИЕ РИСКОВ ПОСЛЕДСТВИЙ КАТАСТРОФ



- РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ
- КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ
- ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ И КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ЗОНИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ
- ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ
- РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И МОНИТОРИНГ



Skype: Mountain Risk Consultancy
E-Mail: office@mountain-risk.ru
<https://www.mountain-risk.ru>





ПРОСТОЙ ЭМПИРИЧЕСКИЙ МЕТОД УСТРАНЕНИЯ ЭФФЕКТОВ РЕФРАКЦИИ ПРИ ФОТОГРАММЕТРИИ МЕЛКОВОДЬЯ НА ОСНОВЕ СЪЕМКИ С БПЛА

ПАРТАМА И.Г.Ю.

Высшая школа науки и техники
Университета Ямагути, доктор наук,
г. Ямагути, Япония
benzenoid_boyot@yahoo.co.id

КАННО А.

Высшая школа наук и инноваций в
технологиях Университета Ямагути,
г. Ямагути, Япония
kanno@yamaguchi-u.ac.jp

АКАМАЦУ Ю.

Высшая школа наук и инноваций в
технологиях Университета Ямагути,
г. Ямагути, Япония
yakamats@yamaguchi-u.ac.jp

ИНУИ Р.

Высшая школа наук и инноваций в
технологиях Университета Ямагути,
г. Ямагути, Япония
inuiryutei@gmail.com

ГОТО М.

Высшая школа наук и инноваций в
технологиях Университета Ямагути,
г. Ямагути, Япония
gotou510gokobe@yahoo.co.jp

СЕКИНЕ М.

Высшая школа наук и инноваций в
технологиях Университета Ямагути,
г. Ямагути, Япония
ms@yamaguchi-u.ac.jp

АННОТАЦИЯ

Представляем вниманию читателей адаптированный и немного сокращенный перевод статьи «Простой эмпирический метод устранения эффектов рефракции при фотограмметрии мелководья на основе съемки с БПЛА» [1], которая была опубликована на английском языке издательством WASET в международном журнале *Geological and Environmental Engineering*. Авторами указанной работы являются И.Г.Ю. Портама, А. Канно, Ю. Акамацу, Р. Инуи, М. Гото и М. Секине из Университета Ямагути (г. Ямагути, Япония). Эта работа находится в открытом доступе (онлайн) по лицензии CC-BY-4.0, которая позволяет ее копировать, переводить, адаптировать, переделывать и использовать для любых целей, даже коммерческих, при условии указания типов изменений и ссылки на первоисточник. В нашем случае полная ссылка на первоисточник [1] приведена в начале списка литературы (источники [2–11] из этого списка были использованы авторами переведенной работы).

Аэрофотограмметрия потенциально может стать эффективным методом съемки рельефа дна мелководий с высоким разрешением благодаря появлению удобных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и возможностей автоматической обработки изображений с определением структуры объекта по отображению движения (Structure-from-Motion, SfM) и с получением многовидовых (стерео) изображений (Multi-View Stereo, MVS). Однако этот метод страдает от систематического завышения высотных отметок дна из-за преломления света на границе раздела «воздух – вода».

В этой статье рассматривается эмпирический метод коррекции эффекта рефракции после обычной обработки с использованием процедуры SfM-MVS с использованием обычного программного обеспечения. В нем используется эмпирическая связь между измеренной (истинной) глубиной воды и оцененной (кажущейся) глубиной для получения эмпирического поправочного коэффициента. Кроме того, этот поправочный коэффициент применяется для преобразования кажущейся глубины в глубину с поправкой на рефракцию (в реальном масштабе).

Чтобы проверить эффективность представленного нового метода, его применили к двум участкам реки и сравнили полученные среднеквадратические ошибки для скорректированных высотных отметок речного дна и для высотных отметок дна, полученных с помощью трех существующих методов.

Было показано, что новый метод более эффективен, чем два существующих (без применения поправочного коэффициента и с использованием в качестве поправочного коэффициента показателя преломления воды, равного 1,34).

По сравнению с оставшимся существующим методом, в котором используется линейная регрессия и дополнительная поправка после умножения на поправочный коэффициент, новый предложенный подход хорошо работает на участке 2 и хуже – на участке 1. Кроме того, указанный оставшийся существующий метод оказался ошибкоустойчивым при ограниченности количества обучающих данных, используемых для калибровки.

Согласно выполненному численному эксперименту этот метод также дает большую отрицательную погрешность поправочного коэффициента при влиянии шума на оцененную кажущуюся глубину воды.

В целом, хорошая эффективность того или иного метода в отношении минимизации влияния преломления на границе «воздух – вода» зависит от различных факторов, таких как местоположение, получение изображения, условия измерений с помощью GPS. Наиболее эффективный метод может быть выбран с использованием статистических средств, например способа исключений вариантов по одному при перекрестной проверке (leave-one-out cross validation).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

река; высотные отметки дна; определение структуры объекта по отображению движения; получение стереоизображения по многовидовым изображениям.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Партама И.Г.Ю., Канно А., Акамацу Ю., Инуй Р., Гото М., Секине М. Простой эмпирический метод устранения эффектов рефракции при фотограмметрии мелководья на основе съемки с БПЛА (пер. с англ.) // Геоинфо. 2023. № 4. С. 28–37 DOI:10.58339/2949-0677-2023-5-4-28-37

A SIMPLE AND EMPIRICAL REFRACTION CORRECTION METHOD FOR UAV-BASED SHALLOW-WATER PHOTOGRAMMETRY

I.G.Yu. PARTAMA

PhD, Graduate School of Science and Engineering, Yamaguchi University, Yamaguchi, Japan
benzenoid_boyot@yahoo.co.id

A. KANNO

Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University, Yamaguchi, Japan
kanno@yamaguchi-u.ac.jp

Yu. AKAMATSU

Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University, Yamaguchi, Japan
yakamats@yamaguchi-u.ac.jp

R. INUI

Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University, Yamaguchi, Japan
inuiyutei@gmail.com

M. GOTO

Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University, Yamaguchi, Japan
gotou510gokobe@yahoo.co.jp

M. SEKINE

Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University, Yamaguchi, Japan
ms@yamaguchi-u.ac.jp

ABSTRACT

We present to the attention of the readers an adapted and slightly abridged translation of the paper “A simple and empirical refraction correction method for UAV-based shallow-water photogrammetry” [1], which was published in English in the International Journal of Geological and Environmental Engineering by the WASET publisher. The authors of this paper are I.G.Yu. Partama, A. Kanno, Yu. Akamatsu, R. Inui, M. Goto, and M. Sekine from the Yamaguchi University (Yamaguchi, Japan). This article is in the open access (online) under the CC-BY-4.0 license, which allows it to be copied, translated, adapted, modified and used for any purpose (even commercial one) provided that the types of changes are noted and the original source is referred to. In our case, the reference to the original paper [1] is given at the beginning of the list of references (sources [2–11] from that list were used by the authors of the translated paper).

The aerial photogrammetry of shallow water bottoms has the potential to be an efficient high-resolution survey technique for shallow water topography, thanks to the advent of convenient UAV and automatic image processing techniques Structure-from-Motion (SfM) and Multi-View Stereo (MVS). However, it suffers from the systematic overestimation of the bottom elevation, due to the light refraction at the air-water interface.

In this study, the authors present an empirical method to correct for the effect of refraction after the usual SfM-MVS processing, using common software. The presented method utilizes the empirical relation between the measured true depth and the estimated apparent depth to generate an empirical correction factor. Furthermore, this correction factor was utilized to convert the apparent water depth into a refraction-corrected (real-scale) water depth.

To examine its effectiveness, the authors applied the method to two river sites, and compared the RMS errors in the corrected bottom elevations with those obtained by three existing methods.

The results show that the presented new method is more effective than the two existing methods (the method without applying correction factor and the

method that utilizes the refractive index of water (1.34) as a correction factor). In comparison with the remaining existing method, which uses linear regression and additive terms (offset) after considering correction factor, the presented new method performs well in Site 2 and worse in Site 1. And the authors found this linear regression method to be unstable when the training data used for the calibration are limited. It also suffers from a large negative bias in the correction factor when the apparent water depth estimated is affected by noise, according to the performed numerical experiment.

Overall, the good accuracy of a refraction correction method depends on various factors such as the locations, image acquisition, and GPS measurement conditions. The most effective method can be selected by using statistical selection (e.g. leave-one-out cross validation).

KEYWORDS:

river; bottom elevations; structure-from-motion method; multi-view stereo method.

FOR CITATION:

Partama I.G.Yu., Kanno A., Akamatsu Yu., Inui R., Goto M., Sekine M. Prostoy ehmpiricheskiy metod ustraneniya effektov refraktsii pri fotogrammetrii melkovod'ya na osnove s"emki s BPLA (per. s angl.) [A simple and empirical refraction correction method for UAV-based shallow-water photogrammetry (translation from English)]. *Geoinfo*. 2023. 4: 28–37 DOI:10.58339/2949-0677-2023-5-4-28-37 (in Rus.).

ВВЕДЕНИЕ ►

Измерение топографических данных речных берегов и дна играет важную роль в различных управленческих и исследовательских работах, таких как определение гидроморфологических особенностей рек [2], изучение деформаций русла и береговой эрозии [3], оценка качества местообитаний речных организмов [4] и т. д. Такие данные обычно получают путем обычной полевой съемки, основанной на поперечных профилях в местах, выбранных для фиксации характерных особенностей рельефа [5]. Однако большинство методов полевой съемки требуют значительных затрат труда и средств, а пространственное и временное разрешение их результатов ограничены.

Для повышения надежности различных операций необходимо более частая и плотная съемка. Аэрофотограмметрия по стереоизображениям основана на методе съемки с широким полем зрения. До сих пор она использовалась для обеспечения топографического моделирования с хорошим пространственным разрешением на основе создания облака точек высокой плотности. Однако применение этого метода является ограниченным, поскольку для обработки получаемых с его помощью данных требуется дорогостоящее оборудование (например, летательный аппарат и датчик) и специальные знания пользователей.

В последние годы разработка процедуры SfM-MVS (то есть метода автоматической обработки изображений с определением структуры объекта по отображению движения (Structure-from-Motion, SfM) вкуче с получением стереоизображений по многовидовым изображениям (Multi-View Stereo, MVS)) предоставила возможность недорогого сбора

трехмерных данных. Этот способ автоматической обработки изображений значительно снижает уровень знаний и умений, необходимых для извлечения пространственных данных высокого разрешения и высокой точности с использованием дешевых цифровых камер потребительского класса, установленных на беспилотных летательных аппаратах (БПЛА, дронах). Мониторинг как открытой, так и затопленной поверхности грунта в руслах рек с использованием процедуры SfM-MVS становится все более востребованным для создания высокоточных карт местности. Ее пригодность для открытой поверхности уже доказана: она дает результаты высокой точности для сухих участков [6]. Однако, как показали исследования с использованием цифровой фотограмметрии [6–8], для затопленной поверхности грунта точность цифровой модели рельефа (ЦМР), получаемой с помощью SfM-MVS, несколько ниже из-за преломления света на границе раздела «воздух – вода». Из-за этого на затопленных территориях зафиксированная глубина воды получается меньше реальной. Поэтому при построении ЦМР дна в таких случаях требуется внесение поправок на рефракцию (преломление).

При использовании одного из ранее разработанных методов такой коррекции [9] для преобразования кажущейся глубины воды в реальную в качестве поправочного коэффициента (CF – correction factor) используется показатель преломления воды, равный 1,34. Это минимально возможное значение, которое можно использовать, когда эффект преломления очень низок (то есть когда главная оптическая ось фотокамеры направлена вертикально вниз («в надир»)) на горизонтальную поверхность.

Геометрически можно показать, что такой поправочный коэффициент не всегда является оптимальным, как было доказано в случае двух камер в статье [10]. Согласно этой работе [10] величина CF изменяется в зависимости от положений этих двух камер относительно целевых точек. Однако при реальной подводной фотограмметрии расчет геометрического поправочного коэффициента не представляется возможным по двум причинам:

- 1) ни один исследователь не вывел геометрический CF для случаев с более чем двумя изображениями;
- 2) обычные программы для фотограмметрии не выдают информацию о том, какая камера использовалась для оценки координат каждой точки (в плотном облаке точек), что необходимо для расчета геометрического CF.

В настоящей статье представлен новый эмпирический метод, который разумно определяет поправочный коэффициент для конкретного полета БПЛА путем минимизации среднеквадратической ошибки для скорректированных высотных отметок дна. Также описывается проверка его эффективности при использовании для двух речных участков. Полученные значения среднеквадратических и средних ошибок для скорректированных высотных отметок дна сравнивались с их величинами, полученными с применением трех существующих методов: метода без коррекции (CF=1); обычного метода с использованием CF=1,34; метода с использованием эмпирической линейной регрессионной зависимости между измеренной и оцененной глубиной воды [11].

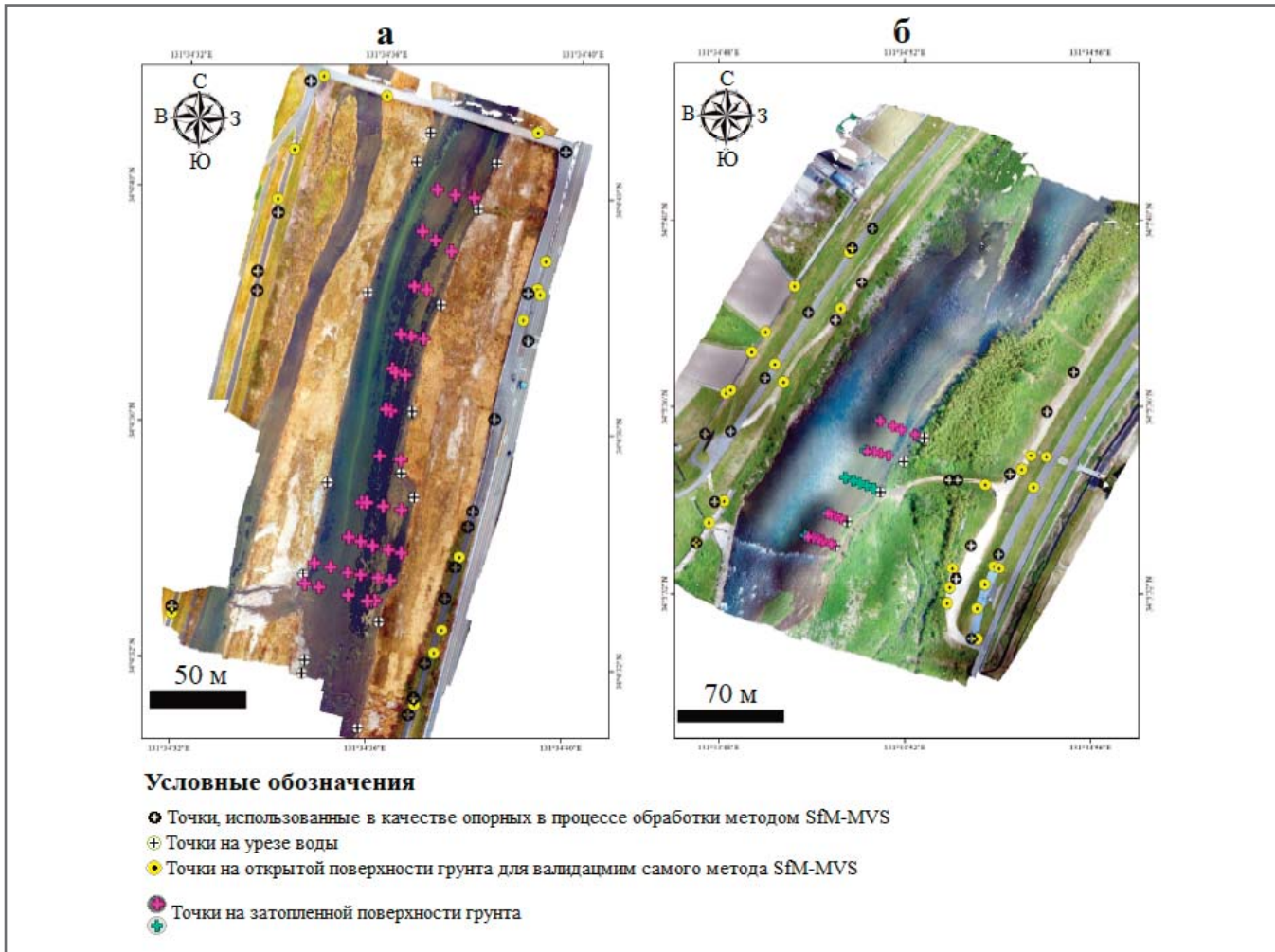


Рис. 1. Исследованные участки 1 (а) и 2 (б) на реке Саба и расположение на них точек, высотные отметки которых были измерены с помощью глобальной навигационной спутниковой системы (GPS) в режиме реального времени (RTK) (по [1])

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЙ ▶

Место исследований ▶

В данной работе были исследованы два участка (1 и 2) в пределах главной части реки Саба в японской префектуре Ямагути. Первый располагался примерно в 8,5 км от устья этой реки, а второй – примерно в 1,7 км выше по течению от первого (рис. 1).

Получение и выбор изображений ▶

Аэрофотоснимки были получены с помощью цифровой камеры 4К, прикрепленной к небольшому легкому (1,28 кг) квадрокоптеру DJI Phantom 3 Professional. Этот БПЛА летел на высоте 25–30 м над поверхностью земли, чтобы получить изображения обоих участков с пространственным разрешением примерно 1 см. Каждое полученное изображение охватывало площадь около 64 м × 48 м. Снимки делались с большими перекрытиями (более 80%), чтобы обеспечить последующий подбор изображений во время обработки SfM

(с определением структуры объекта по отображению движения). Общее количество изображений, собранных на участках 1 и 2, составило 240 и 424 соответственно. Во время каждой полевой съемки положение камеры устанавливалось практически «в нади́р» (вертикально вниз, то есть велась плановая аэрофотосъемка), чтобы уменьшить нежелательные эффекты отражений от поверхности воды на полученных изображениях. В конце все изображения были проверены и было удалено несколько снимков с эффектами «размытия».

Измерения методом RTK-GPS ▶

Были выполнены измерения с помощью глобальной навигационной спутниковой системы (GPS) в режиме реального времени (RTK) для точек как на открытой, так и на затопленной поверхности грунта (см. рис. 1). Точки на открытой поверхности были разного рода наземными ориентирами, узнаваемыми на аэрофотоснимках, – опознаками (метками), которые были установлены заранее. Они были распределены таким образом,

чтобы как можно лучше охватить весь изучаемый участок (например, на участке 1 – на обоих берегах реки и на мосту). Некоторые из опознаков использовались в качестве наземных контрольных точек (НКТ) с известными пространственными координатами для использования при обработке данных с помощью процедуры SfM-MVS, а некоторые – для валидации самого метода SfM-MVS.

Подводные точки были двух типов: 1) 10 черно-белых меток (марок), которые использовались только на участке 2; 2) точки, распределенные так, чтобы охватить различные глубины и типы дна реки.

Создание карты кажущихся высотных отметок дна реки с помощью процедуры SfM-MVS ▶

Авторами были созданы карты кажущихся высотных отметок дна реки для участков 1 и 2 с помощью коммерческого программного обеспечения Agisoft PhotoScan Professional version 1.2.6. Сначала выполнялась автоматическая обработка изображений с определением структуры

объекта по отображению движения (SfM) для оценки внешних и внутренних параметров камеры, а также координат для разреженных облаков точек. Наземные контрольные точки (НКТ) использовались для задания внешней системы координат и настройки некоторых внутренних параметров камеры. Затем для получения плотных облаков точек было выполнено получение многовидовых (стерео) изображений (MVS). И наконец, были созданы ортофотопланы и цифровые модели местности для обоих участков, причем их затопленные зоны были «извлечены вручную» для дальнейшего анализа.

Пространственная интерполяция высотных отметок поверхности воды ►

Авторы построили модель расчетных высотных отметок поверхности воды (ВПВ), используя разные методы для участков 1 и 2.

На первом участке модель ВПВ была создана путем извлечения точек уреза воды из ортофотоплана и цифровой модели местности. Были выделены соответствующие точки там, где урез воды был четко виден на ортофотоплане. На этой основе была выполнена интерполяция методом тренда для построения двумерной модели предполагаемых высотных отметок поверхности воды.

На втором участке, где урез воды не мог быть точно определен визуально по ортофотоплану (из-за нависающей растительности), была использована обычная методика измерений высотных отметок точек на урезе воды *in situ* (например, методом RTK-GPS). А затем был применен метод линейной интерполяции для построения одномерной модели предполагаемых высотных отметок поверхности воды вдоль русла реки.

Распределение точек вдоль уреза воды с определенными высотными отметками на обоих участках показано на рисунке 1.

Применение эмпирической поправки на рефракцию ►

Было испробовано четыре метода коррекции на рефракцию, чтобы сравнить их эффективность.

Метод 1 фактически соответствует случаю без коррекции: кажущаяся высотная отметка, оцененная с помощью процедуры SfM-MVS, рассматривается как отметка с поправкой на рефракцию.

Методы 2 и 4 – это существующие методы, а метод 3 был предложен авторами настоящей статьи. В этих методах

поправка на рефракцию основывается на следующей формуле:

$$h_R = p h_A, \quad (1)$$

где p – коэффициент усиления рефракции (поправочный коэффициент, CF), h_R и h_A – реальная и кажущаяся глубина воды соответственно. Они оцениваются следующим образом:

$$\hat{h}_R \equiv \hat{z}_{sfc} - z_{R,btm}; \quad (2)$$

$$\hat{h}_A \equiv \hat{z}_{sfc} - \hat{z}_{A,btm}, \quad (3)$$

где \hat{z}_{sfc} – высотная отметка водной поверхности, оцененная путем пространственной интерполяции высотных отметок точек на урезе воды (полученных по ортофотоснимкам или измеренных *in situ*); $Z_{R,btm}$ – реальная высотная отметка дна, измеренная с помощью RTK-GPS; $\hat{z}_{A,btm}$ – кажущаяся высотная отметка дна, оцененная с помощью процедуры SfM-MVS.

Если мы обозначим средние ошибки для \hat{h}_R и \hat{h}_A как ε_R и ε_A соответственно, то формулу (1) можно записать так:

$$\hat{h}_R = p \hat{h}_A + \beta, \quad (4)$$

где

$$\beta \equiv p \bar{\varepsilon}_A - \bar{\varepsilon}_R. \quad (5)$$

Формула (4) дает возможность получить поправку на рефракцию (преломление) на поверхности воды с использованием четырех вышеуказанных методов. Рассмотрим их подробнее.

1. При методе 1 в формуле (4) используются значения $p=1$ и $\beta=0$ (то есть нет коррекции).

2. При методе 2, предложенном в работе [9] и традиционно используемом другими авторами [6], применяются величины $p=1,34$ и $\beta=0$ (где значение 1,34 является относительным показателем преломления для границы раздела «воздух – вода»).

3. При эмпирическом методе 3, предложенном авторами настоящей статьи, оценивается только величина p и принимается, что $\beta=0$.

4. При методе 4, предложенном в работе [11], значения p и β оцениваются с помощью линейной регрессии между \hat{h}_R и \hat{h}_A .

Расчеты высотных отметок дна с коррекцией на рефракцию ►

Чтобы построить расчетную карту рельефа дна реки с коррекцией на реф-

ракцию, авторы воспользовались процедурой, основанной на существующем методе [9]. Первым шагом было создание расчетной карты кажущейся глубины воды путем вычитания карты кажущихся высотных отметок дна из карты высотных отметок поверхности воды (ВПВ). Затем значения карты кажущейся глубины воды были умножены на эмпирическую величину поправочного коэффициента в отношении рефракции, чтобы получить карту глубины воды с коррекцией на преломление. И наконец, чтобы создать карту рельефа дна с коррекцией на рефракцию, авторы вычли карту глубины воды с коррекцией на преломление из исходной оцененной карты ВПВ.

Оценка ошибок и сравнение результатов ►

Авторы сравнили среднеквадратические и средние ошибки для скорректированных высотных отметок дна с использованием четырех указанных ранее методов для обоих исследованных участков. Чтобы оценить эти ошибки для методов 3 и 4, была проведена перекрестная проверка (валидация), которая состояла из 1000 пробных (тестовых) калибровок/прогнозов. При каждом таком виртуальном испытании подводные точки с имеющимися результатами GPS-измерений были случайным образом разделены на обучающие и тестовые данные. Формула коррекции была откалибрована для p и β (в соответствии с методом 4) с применением обучающих данных, а затем использована для прогнозирования реальной глубины воды h_R по тестовым данным. Среднеквадратические ошибки погрешностей прогнозирования для 1000 указанных виртуальных испытаний оценивались для каждого из четырех методов для каждого из исследованных участков. Поскольку использование результатов многих GPS-измерений для подводных точек в целях калибровки в практических приложениях нежелательно, авторы выполнили перекрестную проверку для различных количеств обучающих данных.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ ►

Пригодность процедуры SfM-MVS для незатопленных зон ►

На рисунке 2 (а) в качестве примера показана карта кажущихся высотных отметок, созданная с помощью обычной процедуры SfM-MVS для участка 1. В таблице 1 приведены среднеквадрати-

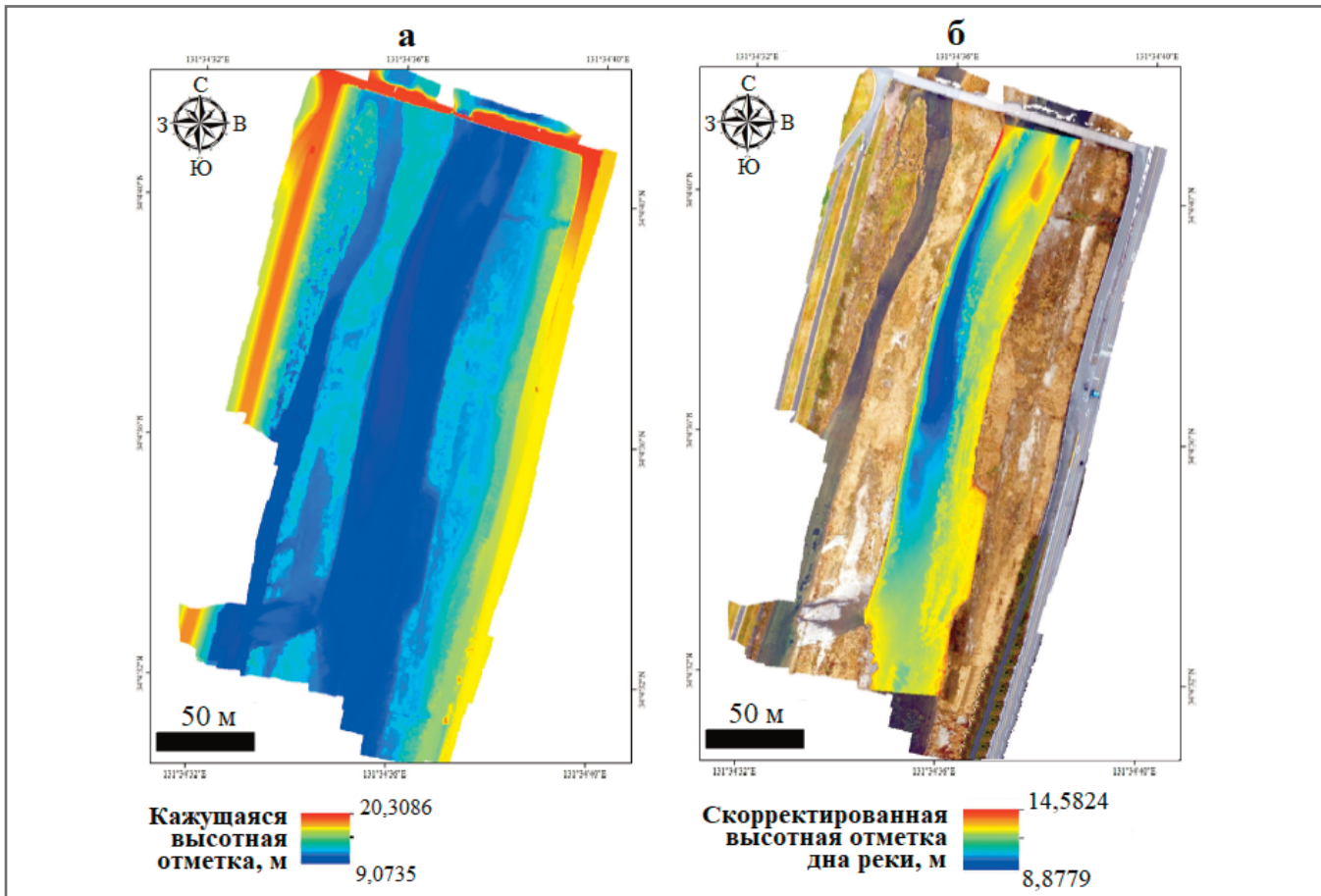


Рис. 2. Примеры полученных карт для участка 1: а – карта кажущихся высотных отметок, полученная с помощью процедуры SfM-MVS; б – карта высотных отметок дна реки, скорректированная на рефракцию с помощью предложенного метода 3 (по [1])

Таблица 1. Среднеквадратические ошибки для координат x , y , z точек, не использовавшихся в качестве наземных контрольных точек (НКТ) и оцененных путем GPS-измерений (по [1])

Участок	Тип точек	Среднеквадратическая ошибка, м, для координаты		
		x	y	z
1	Незатопленные	0,0331	0,0192	0,0407
2	Незатопленные	0,0306	0,0319	0,0371
2	Затопленные	0,0512	0,0505	0,1253

ческие ошибки для координат x , y , z точек, не использовавшихся в качестве наземных контрольных точек (НКТ) и оцененных путем GPS-измерений (см. рис. 1). Для незатопленных зон среднеквадратические ошибки (СКО) по каждой оси составляли в среднем около 0,03 м для обоих исследованных участков и были того же порядка, что и общая ошибка измерений методом RTK-GPS, что продемонстрировало успех использования процедуры SfM-MVS для сухих зон.

Необходимость коррекции на рефракцию ►

В таблице 1 также приведены СКО для кажущихся высотных отметок дна реки, полученные с помощью процедуры

SfM-MVS для 10 подводных черно-белых меток (марок) на участке 2. Можно заметить, что СКО для горизонтальных направлений (осей X и Y) увеличились всего в 1,6 раза. С другой стороны, в вертикальном направлении (по оси Z) среднеквадратические ошибки увеличились более чем в 3,4 раза. Это говорит о том, что эффект преломления увеличивает ошибки в основном для вертикальной координаты (по оси Z), и указывает на важность коррекции для координаты z , что и является темой настоящей статьи.

Статистика ошибок для четырех методов коррекции ►

На рисунке 2 (б) представлена карта рельефа дна реки для участка 1, скор-

ректированная с помощью метода 3. На рисунке 3 показаны среднеквадратические и средние ошибки, оцененные для обоих исследованных участков для каждого из четырех указанных выше методов с помощью описанной ранее перекрестной проверки (валидации) для методов 3 и 4.

Рисунок 3 доказывает, что в целом метод 1 привел к наибольшим среднеквадратическим и средним ошибкам (за исключением случая, когда при методе 4 была выполнена калибровка только с использованием двух обучающих данных) из-за систематического завышения результатов (что отразилось на большой положительной средней ошибке), вызванного пренебрежением

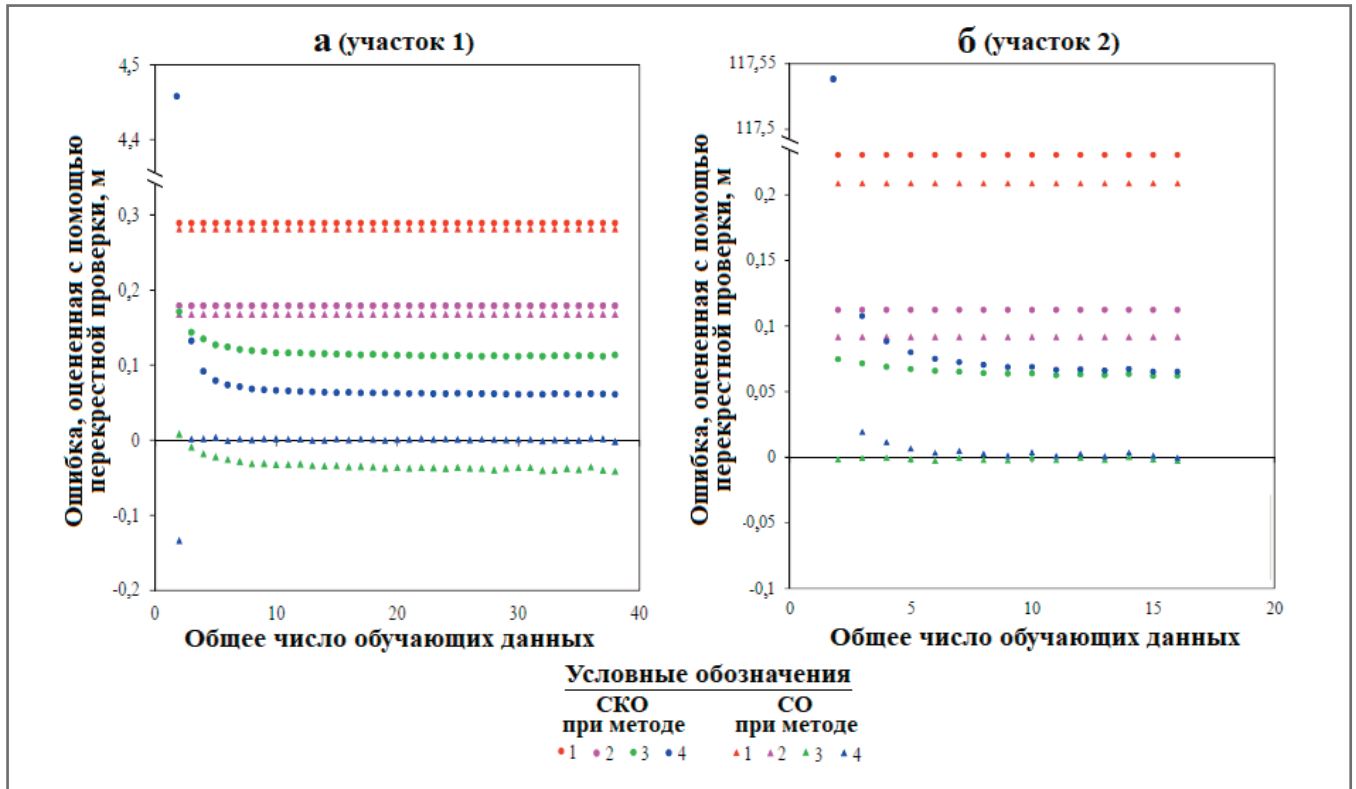


Рис. 3. Среднеквадратические (SKO) и средние (CO) ошибки, оцененные в пределах исследованных участков 1 (а) и 2 (б) для каждого из четырех методов путем перекрестной проверки для методов 3 и 4 при разных количествах обучающих данных (по [1])

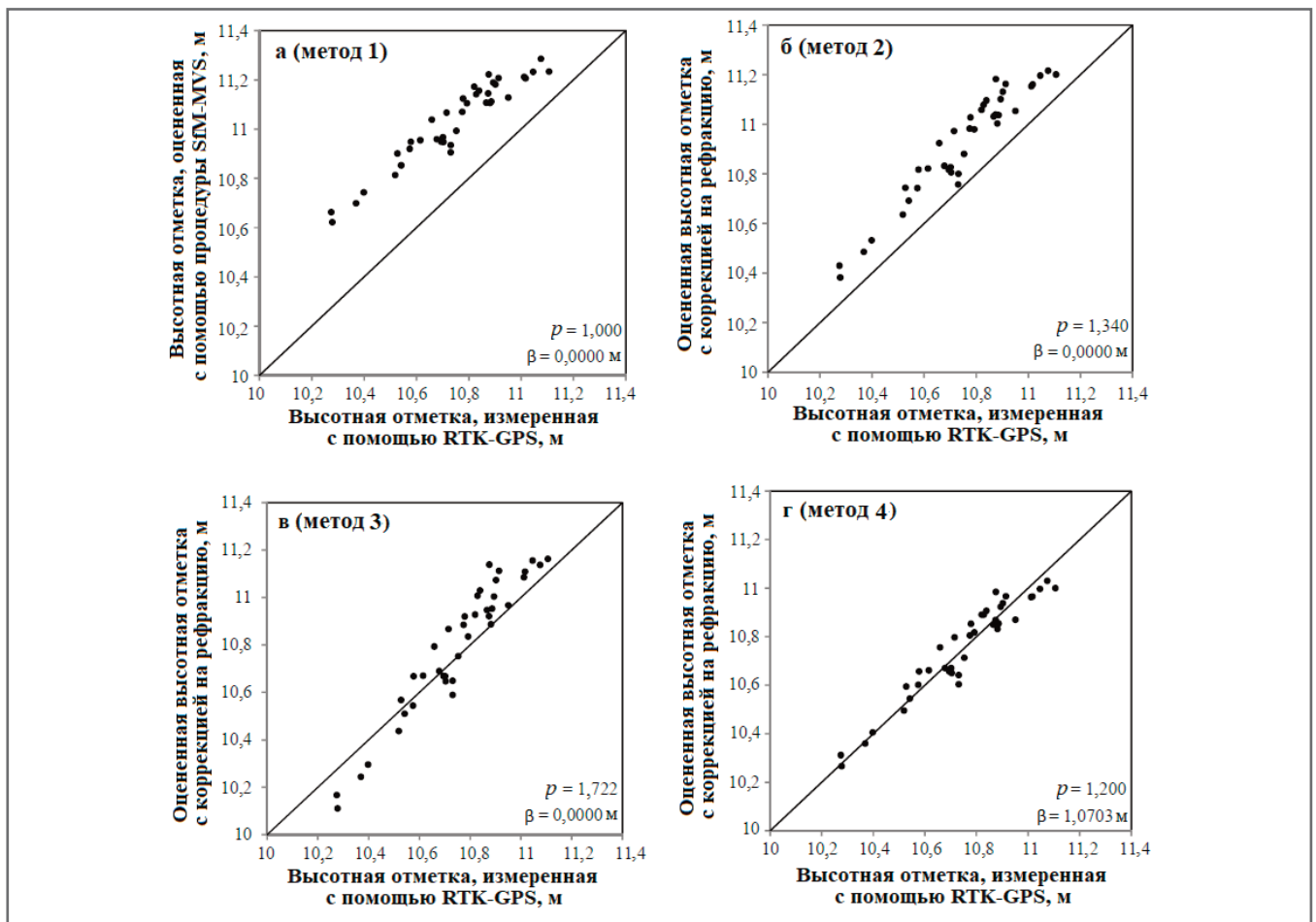


Рис. 4. Связь между оцененными высотными отметками с коррекцией и измеренными высотными отметками с помощью RTK-GPS для участка 1 при использовании методов: 1 (а), 2 (б); 3 (в); 4 (г). Для методов 3 и 4 показана степень соответствия, а не эффективность прогноза, поскольку для калибровки в этих случаях использовались все представленные на соответствующих графиках данные. Буквенные обозначения: p – поправочный коэффициент (CF); β – дополнительная поправка (невязка, offset, см. формулы (4, 5)) (по [1])

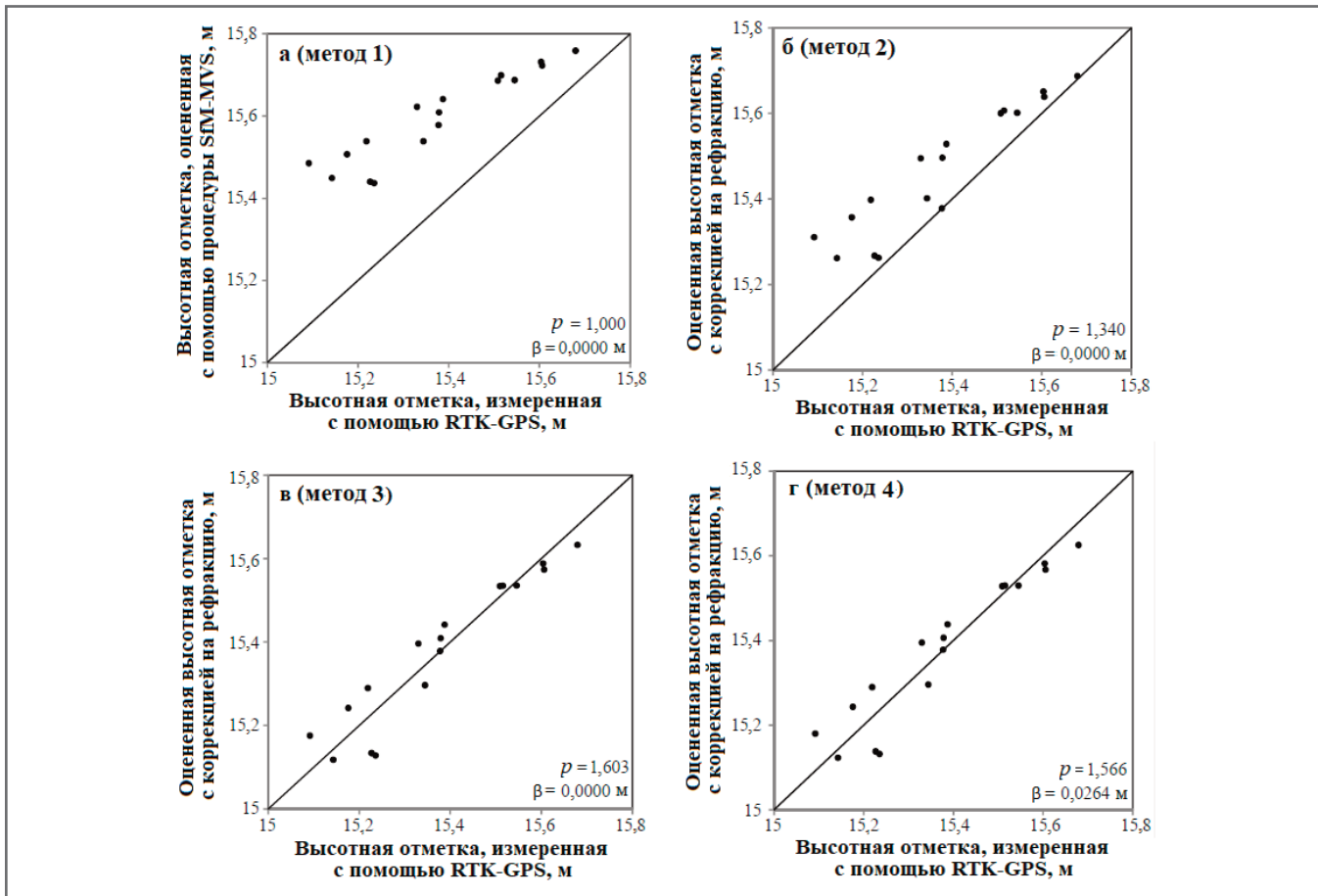


Рис. 5. Связь между оцененными высотными отметками с коррекцией и измеренными высотными отметками с помощью RTK-GPS для участка 2 при использовании методов: 1 (а), 2 (б); 3 (в); 4 (г). Для методов 3 и 4 показана степень соответствия, а не эффективность прогноза, поскольку для калибровки в этих случаях использовались все представленные на соответствующих графиках данные.
Буквенные обозначения: p – поправочный коэффициент (CF); β – дополнительная поправка (невязка, offset, см. формулы (4, 5)) (по [1])

влияния преломления. Этот результат доказывает необходимость коррекции на рефракцию.

Простая коррекция на рефракцию с использованием метода 2 привела к среднеквадратическим и средним ошибкам, которые оказались примерно на 40% меньше, чем в случае метода 1, но все равно происходило значительное систематическое завышение результатов (что также отразилось на большой положительной средней ошибке). Это продемонстрировало наличие геометрического факта, описанного во введении, согласно которому значение поправочного коэффициента 1,34 является минимально возможным и недостаточным для реального применения.

Эффективность методов 3 и 4 оказалась выше, чем у методов 1 и 2, за исключением случаев, когда обучающих данных, использованных для калибровки, было очень мало. Для этих методов (3 и 4) среднеквадратическая и средняя ошибки увеличивались по мере уменьшения количества обучающих данных, причем увеличение было более значительным для метода 4. Это статистиче-

ски оправданно: чем больше степеней свободы имеет регрессионная модель, тем более ошибкоустойчивы оценки коэффициента, поэтому для хорошей работы модель требует больше обучающих данных. В результате при использовании метода 4 с двумя степенями свободы в формуле коррекции получались чрезвычайно большие ошибки, когда количество обучающих данных было равно двум (это было минимально возможное их число). С другой стороны, метод 4 давал меньшие величины среднеквадратических и средних ошибок, чем метод 3 на участке 1, когда обучающих данных было три или более.

За исключением случая, когда обучающих данных было всего два, существующий метод 4 оказался более хорошим (с точки зрения среднеквадратических ошибок) для участка 1, а предложенный новый метод 3 – для участка 2, причем независимо от количества обучающих данных (см. рис. 3, а, б). Средние ошибки показали аналогичную тенденцию. Отсюда можно сделать вывод, что наибольшая эффективность того или иного метода по сравнению с дру-

гими зависит не только от количества обучающих данных, но и от многих других факторов. Поскольку методы 3 и 4 различаются только отсутствием или наличием поправки β (невязки, offset, см. формулы (4, 5)), наилучший метод зависит от истинной величины β . Поскольку значение β зависит от ошибок при оценке кажущихся высотных отметок поверхности воды и дна, самый эффективный метод может быть разным в зависимости от участка, условий получения изображений, условий измерений с помощью GPS и т. д.

Поскольку невозможно узнать истинное значение β , авторы считают правильным выбор наилучшего метода для каждой конкретной ситуации с использованием статистических средств. Одним из рекомендуемых путей выбора является применение способа исключений по одному при перекрестной проверке (leave-one-out cross validation), причем при каждой пробном виртуальном испытании используется только один элемент данных. Таким образом можно моделировать ошибки прогнозов при поочередном использовании

Таблица 2. Поправочные коэффициенты для каждого метода и участка (по [1])

Метод	Поправочный коэффициент p для участка		Поправка (невязка) β , м, для участка	
	1	2	1	2
1 (без коррекции)	1,000		0,0000	
2 (общепринятый)	1,340		0,0000	
3 (предложенный)*	1,722	1,603	0,0000	0,0000
4 (линейная регрессия)*	1,200	1,566	1,0703	0,0264

* Для методов 3 и 4 коэффициенты были рассчитаны с использованием всех имеющихся результатов подводных GPS-измерений.

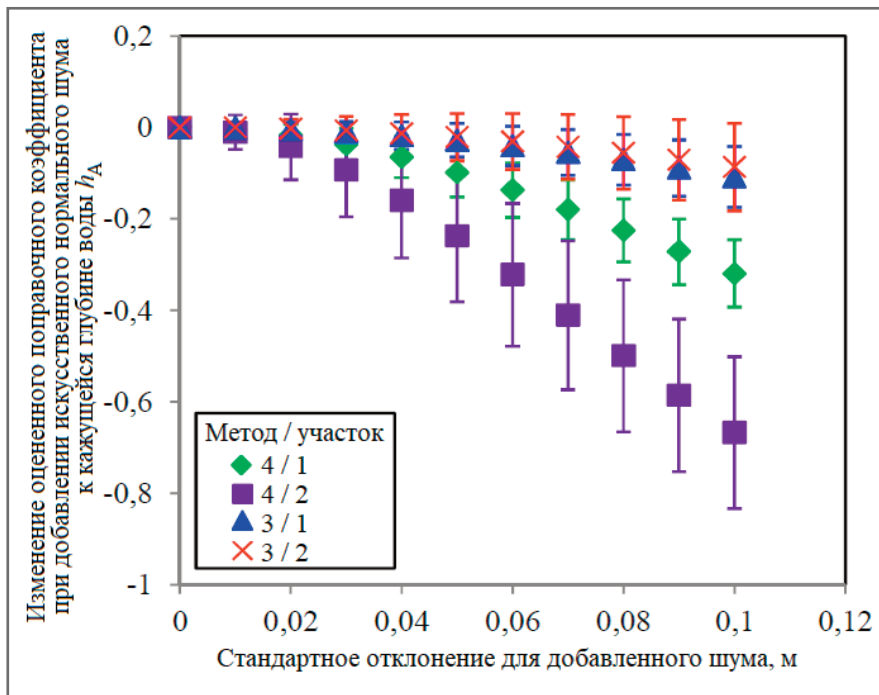


Рис. 6. Изменение оцененного поправочного коэффициента при добавлении искусственных нормальных шумов к кажущейся глубине воды h_A . Точки разной формы показывают средние значения, а «усы» (доверительные интервалы в виде отрезков) – стандартные отклонения для 1000 виртуальных тестов (по [1])

для калибровки всех имеющихся результатов измерений, полученных с помощью GPS.

Нереалистично малый поправочный коэффициент для участка 1 ►

Предложенный авторами метод 3 дал реалистичные значения поправочного коэффициента как для участка 1, так и для участка 2 (см. таблицу 2). А величина этого коэффициента, полученная с помощью метода 4, была нереально маленькой для участка 1. Это могло быть связано с большим шумом, внесшим вклад в значение кажущейся глубины воды h_A , возникшим, вероятно, из-за того, что на участке 1 высотные отметки поверхности воды на ее урезе были считаны с ортофотоплана и, таким образом, содержали ошибки, вызванные

нечеткостью линии уреза воды на изображениях, а также самой процедурой фотограмметрии.

Для проверки этой гипотезы был проведен еще один численный эксперимент, чтобы виртуально пронаблюдать влияние шума, внесшего вклад в значение кажущейся глубины воды h_A , на оцененный поправочный коэффициент. В этом эксперименте к величине h_A авторы добавили искусственный нормальный (с нормальным распределением) шум с нулевым средним и различными среднеквадратичными отклонениями, оценили поправочный коэффициент и наблюдали, как он изменяется в ответ на разные уровни шума. Такие виртуальные тесты были сделаны по 1000 раз для каждого метода и для каждого участка с использованием одного и того же начального

числа для генератора случайных чисел. Полученные результаты обобщены на рисунке 6.

Из рисунка 6 можно увидеть, что для метода 4 среднее значение оцененного поправочного коэффициента значительно уменьшается по мере увеличения уровня шума – и это подтверждает описанную выше гипотезу. Это означает, что метод 4 дает большую отрицательную погрешность для поправочного коэффициента при зашумлении кажущейся глубины воды h_A . А для метода 3 это уменьшение поправочного коэффициента по мере увеличения уровня шума намного меньше, что свидетельствует о большей ошибкоустойчивости метода 3 к воздействию зашумления кажущейся глубины воды h_A . Этот результат указывает на превосходство метода 3 с точки зрения геометрической достоверности оцененного поправочного коэффициента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ►


В настоящей статье был представлен эмпирический метод коррекции эффекта рефракции после обычной обработки с помощью процедуры SfM-MVS с использованием обычного программного обеспечения. В этом случае кажущаяся глубина воды преобразуется в глубину воды с поправкой на рефракцию (в реальном масштабе) путем умножения первой на эмпирический поправочный коэффициент.

Авторы проверили эффективность предложенного метода, применив его для двух участков реки и сравнив среднеквадратичные и средние ошибки для скорректированных высотных отметок дна с таковыми при использовании трех существующих методов. В целом, представленный метод превзошел по эффективности два существующих метода – метод 1 (без коррекции) и метод 2 (с использованием поправочного коэффициента, равного показателю преломления воды 1,34).

Еще один существующий метод (метод 4 – метод линейной регрессии), в котором после умножения на поправочный коэффициент добавляется эмпирическая поправка (невязка, offset, см. формулы (4, 5)), был ошибконеустойчивым, если для калибровки было очень мало обучающих данных. За исключением таких случаев, метод 4 лучше работал для участка 1 и хуже – для участка 2 по

сравнению с предложенным новым методом 3. Кроме того, было обнаружено, что метод 4 имеет большую отрицательную погрешность для поправочного коэффициента при зашумлении оцененной кажущейся глубины воды.

Авторы пришли к выводу, что выбор наиболее точного метода коррекции с точки зрения высотных отметок дна мелководья зависит от многих факторов (на-

пример, от участка, условий получения изображения, условий измерений с помощью GPS) и должен делаться с использованием статистических инструментов, например путем исключений вариантов по одному при перекрестной проверке (leave-one-out cross validation). 

Эта работа была поддержана грантом JSPS KAKENHI № JP16K21194.

ИСТОЧНИКИ (REFERENCES) ►

1. Partama I.G.Y., Kanno A., Akamatsu Y., Inui R., Goto M., Sekine M. A simple and empirical refraction correction method for UAV-based shallow-water photogrammetry // Geological and Environmental Engineering: International Journal. World Academy of Science, Engineering and Technology (WASET), 2017. Vol. 11. № 4. Paper 32268. URL: publications.waset.org/10006734/pdf.
2. Monica R.V., Rocio B.G., Thomas K., Amanda V. Automated Identification of River Hydromorphological Features Using UAV High Resolution Aerial Imagery // Sensors. 2015. Vol. 15. P. 27969–27989.
3. Nagata N., Hosoda T., Muramoto Y. Numerical analysis of river channel processes with bank erosion // Journal of Hydraulic Engineering. 2000. Vol. 126. № 4. P. 243–252.
4. Ulrich K., Rainer B., Konrad H. Assessment of river habitat in Brandenburg, Germany // Limnologica. 2004. Vol. 34. P. 176–186.
5. Legleiter C.J., Kyriakidis P.C. Spatial prediction of river channel topography by kriging // Earth Surface Processes and Landforms. 2008. Vol. 33. № 6. P. 841–867.
6. Woodget A.S., Carbonneau P.E., Visser F., Maddock I.P. Quantifying submerged fluvial topography using hyperspatial resolution UAS imagery and structure from motion photogrammetry // Earth Surface Processes and Landforms. 2015. Vol. 40. P. 47–64.
7. Butler J.B., Lane S.N., Chandler J.H. Through-water close range digital photogrammetry in flume and field environments // Photogrammetric Record. 2002. Vol. 17. № 99. P. 419–439.
8. Fryer J.G., Kniest H.T. Error in depth determination caused by waves in through-water photogrammetry // Photogrammetric Record. 1985. Vol. 11. № 66. P. 745–753.
9. Westway R.M., Lane S.N., Hicks D.M. The development of an automated correction procedure for digital photogrammetry for the study of wide, shallow, gravel-bed rivers // Earth Surface Processes and Landforms. 1999. Vol. 25. P. 209–226.
10. Murase T., Tanaka M., Tani T., et al. A photogrammetric correction procedure for light refraction effects at a two-medium boundary // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. 2008. Vol. 74. № 9. P. 1129–1136.
11. Bagheri O., Ghodsian M., Saadatesresht M. Reach scale application of UAV+SfM method in shallow rivers hyperspatial bathymetry // Proceedings of the International Conference on Sensors & Models in Remote. 2015. Vol. 40. P. 23–25.



Telegram-канал журнала

Независимый электронный журнал
ГеоИнфо

- Новости
- Статьи
- Обсуждения

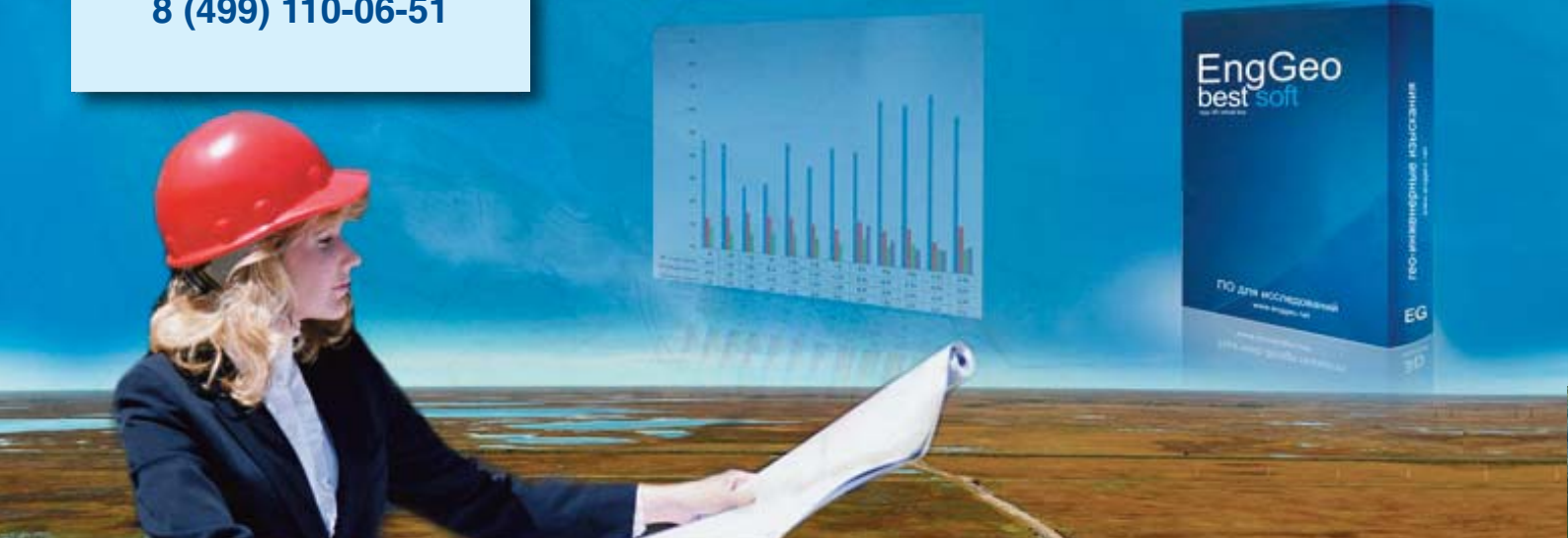
<https://t.me/geoinfonews>

EngGeo

инженерно-геологические
изыскания

8 (499) 110-06-51

Программный комплекс EngGeo
Обработка и хранение результатов
инженерно-геологических изысканий



ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

- полный комплекс лабораторных испытаний грунтов и вод;
- полевые испытания грунтов;
- статистическая обработка результатов испытаний;
- выходные ведомости и таблицы в форматах Word и Excel;
- использование сетевой или локальной базы данных объектов работ;
- построение колонок скважин и разрезов в графической среде AutoCAD (*AutoCAD LT является отдельной линейкой продуктов и не поддерживается*), nanoCAD или MicroStation;

По вопросам приобретения или обновления Вы можете написать на sales@enggeo.net

Обратиться в поддержку можно по адресу support@enggeo.net

Или обратиться по телефону +7 (499) 110-06-51

WWW.ENGCEO.RU



НОВЫЙ



GeoStab

расчет
УСТОЙЧИВОСТИ
ОТКОСОВ



Malin|n soft

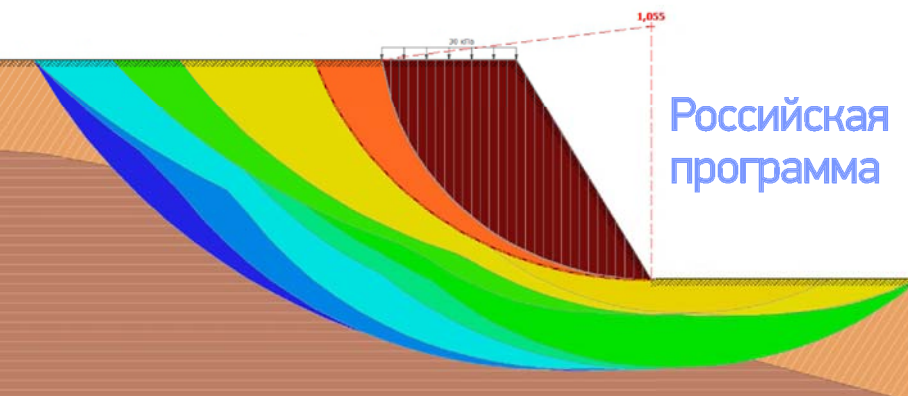
этапность проекта

новые возможности
анализа

3D визуализатор

экспорт в DXF

новый дизайн
в темном и светлом
оформлении



Российская
программа

(342) 204-02-08
info@malininsoft.ru
www.malininsoft.ru



Ограждение
котлованов
GeoWall



Склоны
и откосы
GeoStab



2D
МКЭ
Alterra



Свайно-плитный
фундамент
GeoPlate



Источник фото: pixabay.com
Photo source: pixabay.com

ПОБЕДЫ РОССИЙСКОГО МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЯ: К ЮБИЛЕЮ ПРОФИЛЬНОЙ КАФЕДРЫ МГУ

ВЛАДИСЛАВ ИСАЕВ

Директор Научного центра изучения Арктики, старший научный сотрудник кафедры геокриологии Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

ВИКТОР АНАНКО

Главный редактор журнала «ГеоИнфо»

АННОТАЦИЯ

В начале этого года в завершение звенигородской учебно-научной практики для бакалавров 4 курса состоялась традиционная конференция «День науки». В этом году данное мероприятие было также приурочено к семидесятилетию кафедры геокриологии геологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. И одновременно состоялась презентация геодинамического полигона МГУ «Арктика», открытого на территории Звенигородской биологической станции МГУ. В его оснащении в течение последних пяти лет принимали участие многолетние промышленные партнеры факультета – компании «ПЕТРОМОДЕЛИНГ», «Русгеотех», «Моби Дик», «Тепофол».

Пользуясь таким удобным информационным случаем, захотелось порассуждать о том, что происходит с российской школой мерзловедения и каковы перспективы у российских ученых и стоящих рядом с ними производственников, внедряющих результаты передовых исследований и разработок в практику. При условии поддержки со стороны государства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

звенигородская учебно-научная практика; конференция «День науки»; кафедра геокриологии МГУ; геодинамический полигон МГУ «Арктика»; многолетняя мерзлота; геокриологические исследования; мерзловедение.

VICTORIES OF RUSSIAN PERMAFROST STUDIES: TO THE ANNIVERSARY OF THE PROFILE DEPARTMENT OF LOMONOSOV MOSCOW STATE UNIVERSITY

VLADISLAV ISAEV

Director of the Scientific Center for the Study of the Arctic, senior researcher at the Department of Geocryology, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University

VIKTOR ANANKO

Editor-in-chief of the "GeoInfo" journal

ABSTRACT

In the beginning of this year, at the end of the Zvenigorod educational-scientific practice for 4th year bachelors, the traditional conference "The Day of Science" was held. This year, this event was also timed to coincide with the seventieth anniversary of the Department of Geocryology, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University (MSU). And at the same time, the presentation of the "Arktika" geodynamic test site of MSU, which was opened in the territory of the Zvenigorod biological station of MSU, took place. Over the past five years, long-term industrial partners of the faculty (such companies as PETROMODELING, Rusgeotech, Moby Dik, Tepofol) have taken part in equipping the test site.

Taking advantage of such a convenient information opportunity, we want to speculate about what is happening with the Russian school of permafrost studies and what are the prospects for Russian scientists and manufacturers standing next to them, introducing the results of advanced studies and developments into practice. Subject to the support of the state.

KEYWORDS:

Zvenigorod educational-scientific practice; "The Day of Science" conference; Department of Geocryology of Moscow State University; "Arktika" geodynamic polygon of Moscow State University; permafrost; geocryological studies; permafrost studies.

Изучение мерзлоты для сохранения ее стабильного состояния ►

Открывая работу конференции, декан геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова Н.Н. Еремин отметил, что географическое расположение нашей огромной страны определяет то, что проблема инженерно-геокриологических исследований крайне актуальна и не потеряет своей важности как минимум в ближайшие столетия. А это значит, что вопросы мерзлотоведения будут оставаться в центре внимания, привлекая новых ученых и бизнес. Тем более что наше государство стало с недавних пор активно продвигать тезис, что «наука – это бизнес».

Изначально «День науки» был камерной конференцией для людей, которые хотят в непринужденной обстановке обсудить насущные проблемы, попробовать организовать сотрудничество с университетом так, чтобы это, с одной стороны, было интересно студентам и преподавателям, но с другой – позволяло разрабатывать и продвигать технологии под брендом союза с Московским университетом. Благодаря такому подходу в Звенигороде появился новый фундамен-

тальный лабораторный комплекс, оборудованный системами автоматического сбора геотехнических данных. Кроме того, реализуется проект с компанией «Моби Дик» по принудительной термостабилизации грунтов. В настоящее время он выходит на стадию обсуждения с компанией «Иннопрактика» по разработке методики применения принудительной термостабилизации для объектов промышленной инфраструктуры в Арктике. Это крайне актуально в настоящее время, когда наблюдается быстрая деградация многолетней мерзлоты, особенно на ее южной границе. Для существующей инфраструктуры уже недостаточно повсеместно применяемых сезонно-охлаждающих устройств, требуются дополнительные усилия для компенсации увеличения продолжительности теплого сезона, повышения среднегодовых температур и увеличения среднегодового количества осадков за счет принудительного охлаждения массива грунтов оснований в летний сезон.

За прошедший год удалось воплотить задумки в реальный объект компании «РЖД» на Северной железной дороге и это уже начало давать некоторую монетизацию, позволяя зарабатывать и

университету, и частным компаниям, принимающим участие в проекте. Данное сотрудничество позволило им получить научно-техническое сопровождение проекта, разработать алгоритм расчета выбора необходимого по мощности охлаждающего устройства и подобрать правильную систему охлаждения, опираясь не на заявления производителя, а самостоятельно выполняя все необходимые этапы расчетов, зная при этом инженерно-геологический разрез. То есть речь идет о появлении возможности сделать осознанный выбор, чего раньше не было.

Более того, объективно производители термосифонов за несколько последних лет себя серьезно дискредитировали. Нередко установленное оборудование не работает из-за нарушений в производственном цикле, из-за отсутствия входного контроля со стороны предприятий-заказчиков, когда устройства изначально были не заправлены, содержали производственный брак, но тем не менее устанавливались на объекты и в результате не позволяли достигать требуемых целей.

В данном случае не только присутствует входной контроль, но также все

термосифоны сопровождаются термоскважинами, что позволяет отслеживать реальную температуру охлаждаемых грунтов по всей глубине погружения термосифона и на разных уровнях удаления от вертикальной оси изделия. Кроме того, применен дополнительный контроль работоспособности термосифонов в холодное время года при помощи тепловизоров.

Геодинамический полигон ▶

Благодаря компании «Петромоделлинг» на Звенигородской биостанции удалось перейти от цифровых оценок процессов, происходящих в грунте, к качественной оценке уже не параметров, а состояния всего грунтового массива. При этом реализован автоматический сбор данных. Иными словами, больше не требуется делать шаг от параметра к расчету. Исследователь сразу получает данные о напряженно-деформированном состоянии массива грунта благодаря датчикам, установленным в специальные скважины на оползневых склонах вокруг новой лаборатории.

Безусловно, это огромный прорыв в геотехническом мониторинге (ГТМ), который позволяет в ближайшем будущем разработать новые нормативные документы в области ГТМ. Проектировщикам важны не температура грунта или уровень грунтовых вод как таковой. Им важно, насколько несущая способность конкретного грунта на конкретной площадке соответствует заложенным проектным решениям, как она изменится с изменением температурного, водного режима в краткосрочной и долгосрочной перспективе. Система компании «Петромоделлинг» позволяет дать ответ на этот вопрос.

В 2023 году с этими технологиями удалось познакомиться и студентам инженерного потока геологического факультета МГУ, проходившим практику по полевым методам геокриологических исследований на Звенигородской биостанции МГУ. Одной из задач практики было ознакомление с тем, как работает каждая из систем, и с проведением расчетов по оценке эффективности работы термосифонов на основе

данных, полученных от новой комплексной системы ГТМ.

Изучение мерзлоты в России и за границей ▶

На прошедшей конференции как от докладчиков, так и в кулуарах неоднократно звучала идея, что когда-нибудь в Звенигороде могла бы собраться большая международная конференция мерзлотоведов, представляющих все страны, занимающиеся изучением этого вопроса. Конечно, это было бы интересно и полезно. Такое общение профессионалов всегда очень востребованно. Однако, оценивая в целом ситуацию с изучением вопросов многолетней мерзлоты в мире, нельзя не отметить то, что подавляющее большинство ведущих экспертов в данной отрасли – выходцы из России, переехавшие на работу в зарубежные научные организации.

В России, безусловно, есть базис для изучения мерзлотоведения, сформированный еще столетие назад такими выдающимися учеными, как Михаил Иванович Сумгин, Владимир Алексеевич Кудрявцев, Павел Александрович Флоренский, Николай Никитьевич Романовский, Борис Александрович Савельев, Игорь Дмитриевич Данилов. Благодаря этому багажу у нас есть глубинность понимания процессов, происходящих в криосфере.

Следом, наверное, можно назвать китайскую научную школу, которая сделала огромные шаги вперед при реализации масштабного проекта по освоению высокогорного Тибета и строительства там сложнейшей скоростной автомобильной трассы. Впрочем, важно отметить, что многие инженеры, задействованные там, проходили обучение в Московском государственном университете. Однако их большим преимуществом стала возможность реализации полученных знаний в реальных проектах. Такое доступно далеко не всем выпускникам МГУ.

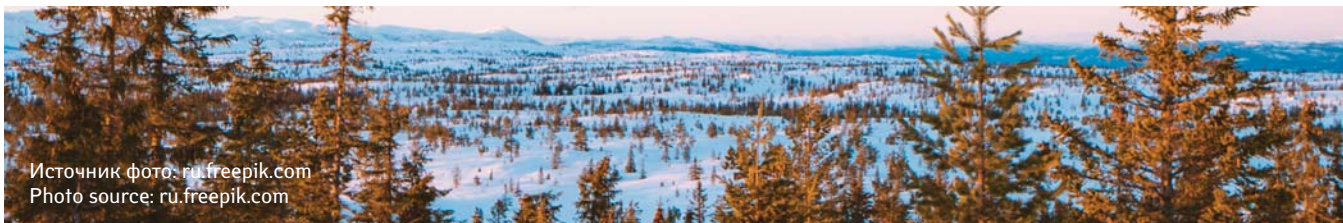
На третье место, наверное, можно поставить Норвежскую школу мерзлотоведения, штаб-квартира которой расположена на Шпицбергене. По сути, это фабрика инженеров, которые по целевым программам изучают геофизиче-

ские исследования в Арктике, прикладные физические методы по исследованию прочностных характеристик льда, что очень важно, например, для оценки устойчивости морских нефтедобывающих платформ. Здесь находят и реализуют множество прикладных решений, важных для освоения территорий с многолетнемерзлыми грунтами.

Если брать американцев, то у них на сегодняшний день наблюдается отставание от других школ. Дело в том, что у них давно нет единой структурообразующей системы по исследованию Арктики. Есть только локальные центры, некоторые из которых формировались вокруг российских ученых, в том числе выпускников МГУ. Например, подобный центр изучения мерзлоты в Фербенксе на Аляске образовался вокруг Владимира Евгеньевича Романовского – руководителя местного геофизического института. У них есть точечная система наблюдений за температурами грунтов, однако применяемые ими методики уступают по техническому оснащению и широте используемых инструментов. Например, у них не принято «делать геофизику» в рамках геотехнического мониторинга. Тогда как в России давно всем очевидно, что необходимы не точечные, а пространственные наблюдения, что возможно при связке заверочных точек бурения и последующих температурных наблюдений с наложенным на эти точки профилями электротомографии.

Нужно бежать, чтобы оставаться первыми ▶

Можно констатировать, что на сегодняшний день в России сохранилась развитая школа мерзлотоведения. Нельзя сказать, что отечественные ученые сильно ушли вперед, им требуется достаточно серьезная поддержка государства для реализации идей, которые позволят двигаться дальше вперед. Часть из них уже воплощена в жизнь на полигоне в Звенигороде, в рамках исследований в Арктике под Воркутой и на берегах Байдарацкой губы. Но, конечно, нельзя останавливаться на достигнутом. Чтобы оставаться первыми, нужно все время двигаться вперед. Причем ускоренными темпами. **И**



Источник фото: ru.freepik.com
Photo source: ru.freepik.com

ООО НПП «ГЕОТЕК» - ВЕДУЩИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИСПЕРСНЫХ, МЕРЗЛЫХ, КРУПНООБЛОМОЧНЫХ И СКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ.

ПРИБОРЫ КРИОЛОГИЧЕСКИЕ СЕРИИ СТАНДАРТ

ХИТ продаж

Прибор компрессионный криологический ГТ 1.1.11



Прибор срезной криологический ГТ 1.2.14



Прибор шариковый штамп криологический ГТ 1.6.2



Температура окружающей среды **+5 (±2) С°**

Прибор разработан для эксплуатации в холодильной камере (камера не входит в состав прибора)

ВОЗМОЖНОСТИ:

- автоматизированный режим испытания с поддержанием заданной отрицательной температуры каждого образца;
- прибор работает при пониженных температурах;
- автоматическое управление температурой образца;
- испытание до трех образцов в одном приборе;
- измерение температуры каждого образца.

ПРИБОРЫ ОБЕСПЕЧИВАЮТ ПРОВЕДЕНИЕ СЛЕДУЮЩИХ ИСПЫТАНИЙ:

- **Прибор компрессионный криологический ГТ.1.1.11**
-испытание по ГОСТ 12248.10-2020 на сжатие и сжатие с оттаиванием;
- **Прибор срезной криологический ГТ 1.2.14**
-испытания по ГОСТ 12248.8-2020 на срез по поверхности смерзания;
-испытания по ГОСТ Р56726-2015 по определению касательных сил морозного пучения;
- **Прибор шариковый штамп криологический ГТ 1.6.2**
-испытания по ГОСТ 12248.7-2020 шариковым штампом.

ПОЧЕМУ ВЫБИРАЮТ НАС



Высокое качество



Выгодная цена



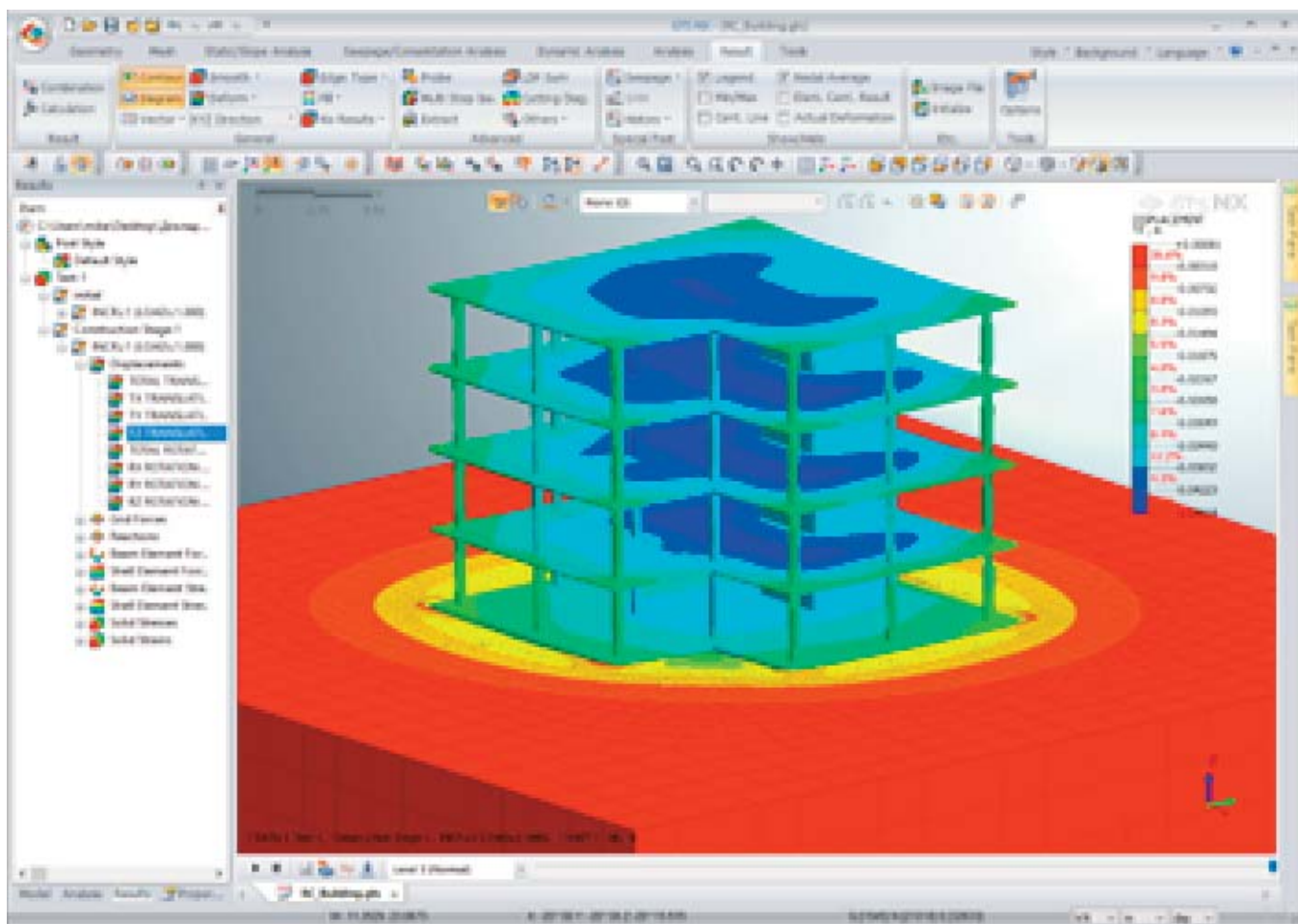
Надежный сервис



Экономия бюджета испытаний

440004, Россия, г. Пенза, ул. Центральная, строение 1М,
+7(8412) 999-189, 8-800-200-16-05 (звонок по России бесплатный),
sales@npp-geotek.ru, npp-geotek.com

*На правах рекламы



ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ В ПРОМЫШЛЕННОМ И ГРАЖДАНСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ: **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТА**

ПАВЕЛ БАТРАКОВ

Руководитель геотехнического отдела
компании MIDAS IT Russia

АННОТАЦИЯ

Одновременное применение и программного комплекса для работы с конструктивом, и геотехнического программного комплекса позволяет повысить точность расчетов. Это положительно сказывается на экономическом обосновании проекта и на общей надежности сооружения. В представленной статье на конкретном примере расчетов в программных комплексах midas GTS NX, ЛИРА и СКАД приводится обоснование данного утверждения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

геотехнические расчеты; программный комплекс; расчетный комплекс; программный комплекс для работы с конструктивом; геотехнический программный комплекс; модель грунта; расширенная модель грунта; модель Мора – Кулона; модель упрочняющегося грунта.

GEOTECHNICAL CALCULATIONS IN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION: **PROJECT OPTIMIZATION**

PAVEL BATRAKOV

Head of the Geotechnical Department of the MIDAS IT Russia company

ABSTRACT

The simultaneous use of both a software package for working with structural solutions and a geotechnical software complex makes it possible to increase the accuracy of calculations. This has a positive effect on the economic justification of a project and on the overall reliability of a designed structure. The presented paper gives a substantiation of this statement using a specific example of calculations in the midas GTS NX, LIRA and SKAD software packages.

KEYWORDS:

geotechnical calculations; software package; calculation complex; software package for working with a constructive; geotechnical software package; soil model; advanced soil model; Mohr-Coulomb model; hardening soil model.

Введение

Какие преимущества дает применение геотехнических программных комплексов? Этот вопрос часто поднимается, когда речь идет об отрасли промышленного и гражданского строительства (ПГС). В действительности сложилась ситуация, когда инженеры, работающие в этой сфере, не видят необходимости в применении дополнительных решений для оценки поведения грунтового массива. Причин для появления такого мнения несколько: начиная с того, что действующие нормы не обязывают выполнять геотехнические расчеты численными методами (за исключением некоторых случаев), и заканчивая тем, что современные программные комплексы

для работы с конструктивом имеют встроенные модули, где также описывается грунт, и коэффициенты постели рассчитываются с учетом неоднородности основания. В этой статье попробуем ответить на вопрос: «Нужно ли применять геотехнические программные комплексы в ситуациях, когда этого не требуют нормативные документы?».

Сравнение математических моделей материала

Одна из причин включения геотехнического расчета в состав проекта – оптимизация. За счет гораздо более точного расчета работы грунта изменяется общая работа системы «грунт – сооружение». При этом мы получаем и

иные усилия в элементах. Таким образом, при подборе армирования это позволяет нам не прибегать к излишнему запасу материала.

Уточнение армирования в элементах конструкции будет происходить:

- 1) за счет применения расширенных моделей грунта, которые присутствуют в программах midas GTS NX / FEA NX (при использовании таких моделей мы получим уточненные усилия в элементах за счет более корректных напряжений и перемещений в массиве);
- 2) за счет моделирования поведения грунта на разных этапах производства работ начиная с подготовительного этапа планировки площадки строительства и далее описывая разработку

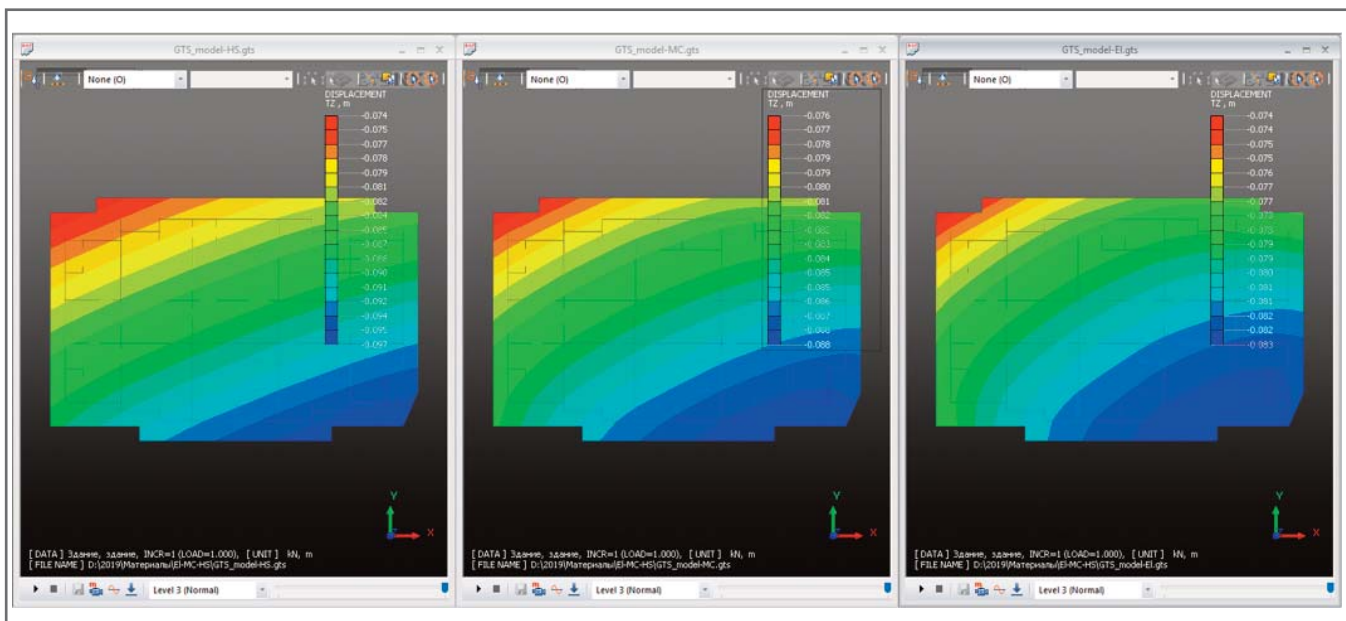


Рис. 1. Вертикальные смещения при использовании разных моделей грунта

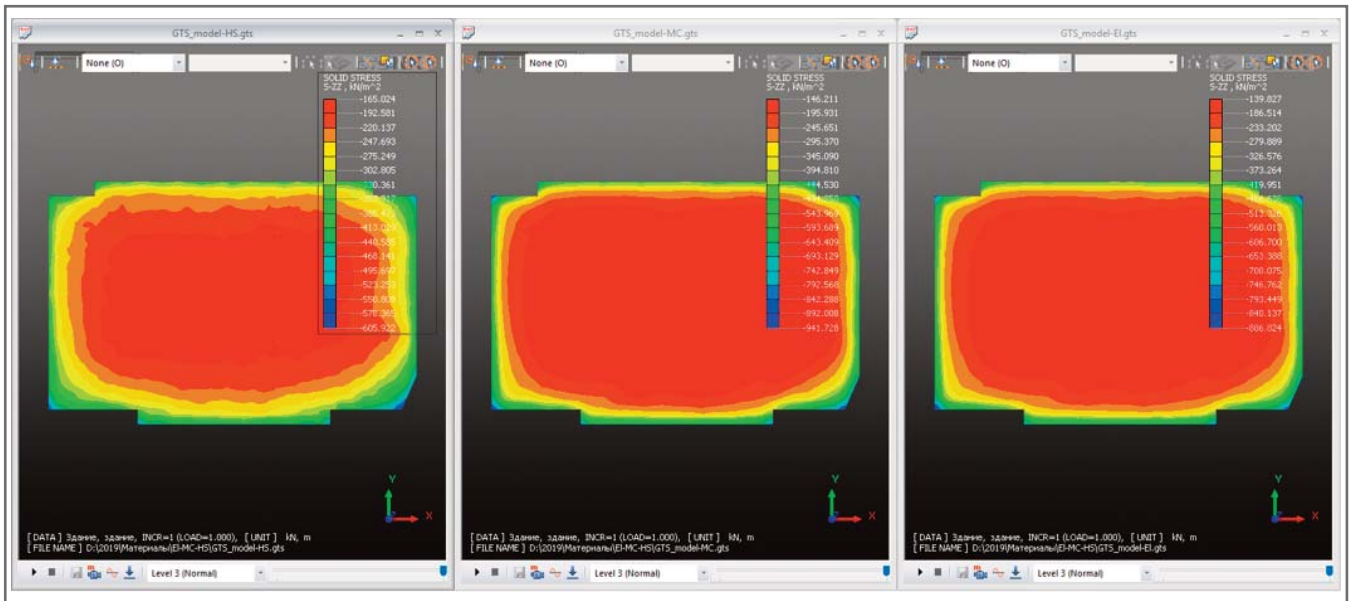


Рис. 2. Вертикальные напряжения по подошве фундаментной плиты при использовании разных моделей грунта

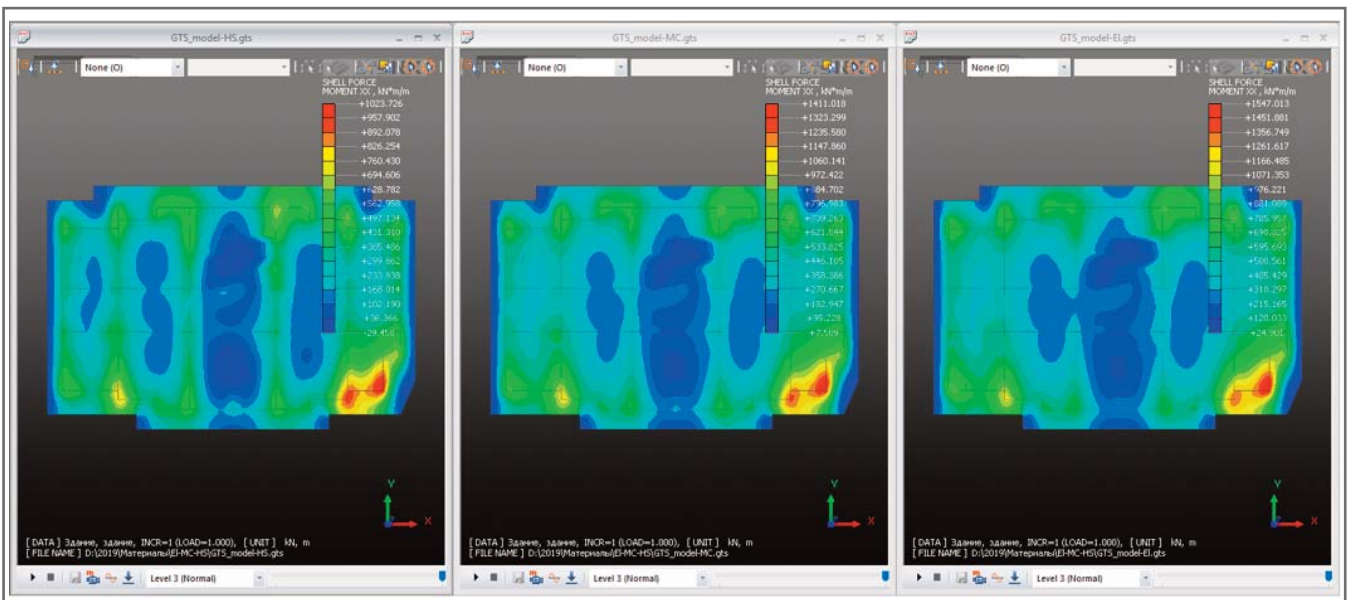


Рис. 3. Изгибающие моменты в фундаментной плите вокруг глобальной оси Y при применении различных моделей грунтов

котлована, возведение здания и обратную засыпку (на всех этапах можно будет получить подробные данные о работе конструкции).

Насколько математические модели работы грунта влияют на результат, можно увидеть на рисунках 1 и 2. На рисунке 1 представлены значения вертикальных перемещений при использовании различных моделей. Упругая модель Elastic в данном сравнении нам не так интересна, так как очевидно, что, моделируя грунт в виде упругой среды, мы заметно снижаем точность получаемых результатов. В представленном сопоставлении нам интересно сравнение модели упрочняющегося грунта (Hardening Soil, HS) и модели Мора – Кулона (Mohr-Coulomb, MC). Несмотря на то

что модель MC также относится к упругопластическим моделям, фактически она работает сначала идеально упруго, как и упругая модель, но при достижении критерия прочности Мора – Кулона она начинает работать идеально пластически. Таким образом, она также не описывает правильного поведения грунта и рекомендуется к применению лишь при определенных задачах (например, при расчете устойчивости в одностадийном варианте).

Модель HS лишена данных недостатков и основывается на гиперболической зависимости деформаций от напряжений. Эта модель уже позволяет достоверно оценивать работу массива и разделяет такие понятия, как первичное нагружение, разгрузка и вторичное на-

гружение грунта. Подробнее о сравнениях моделей HS и MC можно узнать, например, из статьи по адресу midasoft.ru/blog/pochemu-ne-mohr-coulomb-primenenie-modeli-hardening-soil/?utm_source=site&utm_medium=iscad&utm_campaign=article&utm_content=article-raschyety-v-pgs.

Соответственно, применяя эту модель при расчете системы «основание – сооружение», мы заметно повышаем точность расчета.

В рассматриваемой модели присутствовало несколько стадий, таких как: начальная стадия (формирование начальных напряжений в массиве), разработка котлована с бортами естественного залегания и стадийное возведение здания.

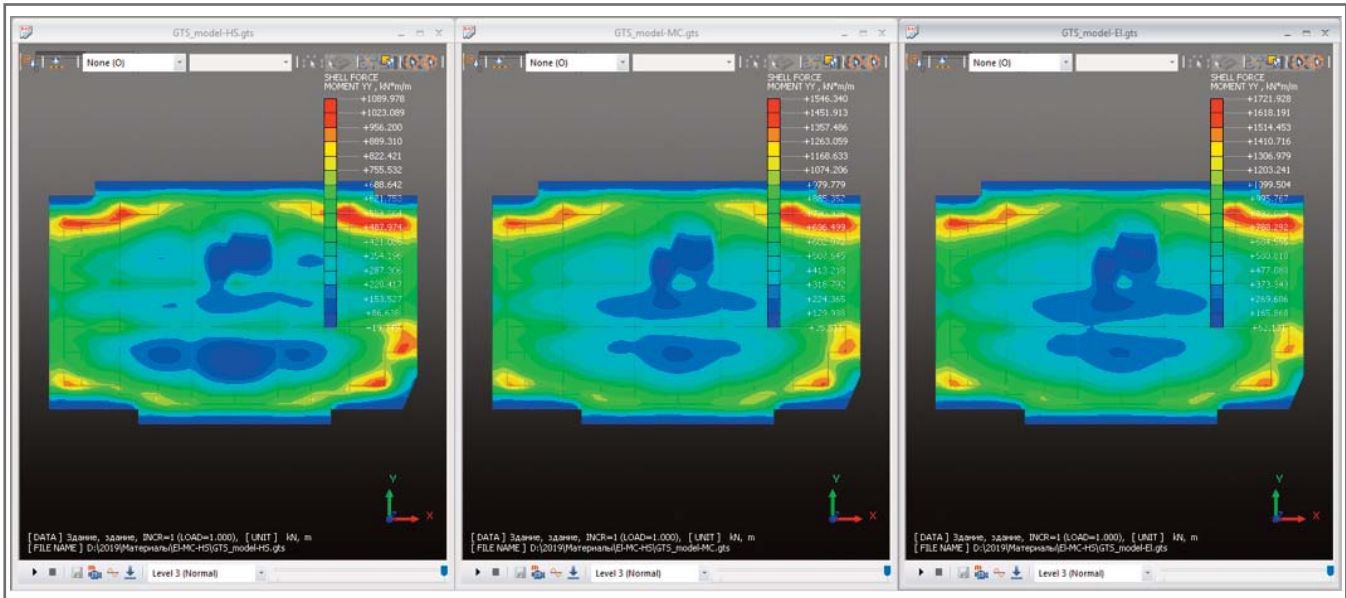


Рис. 4. Изгибающие моменты в фундаментной плите вокруг глобальной оси X при применении различных моделей грунтов

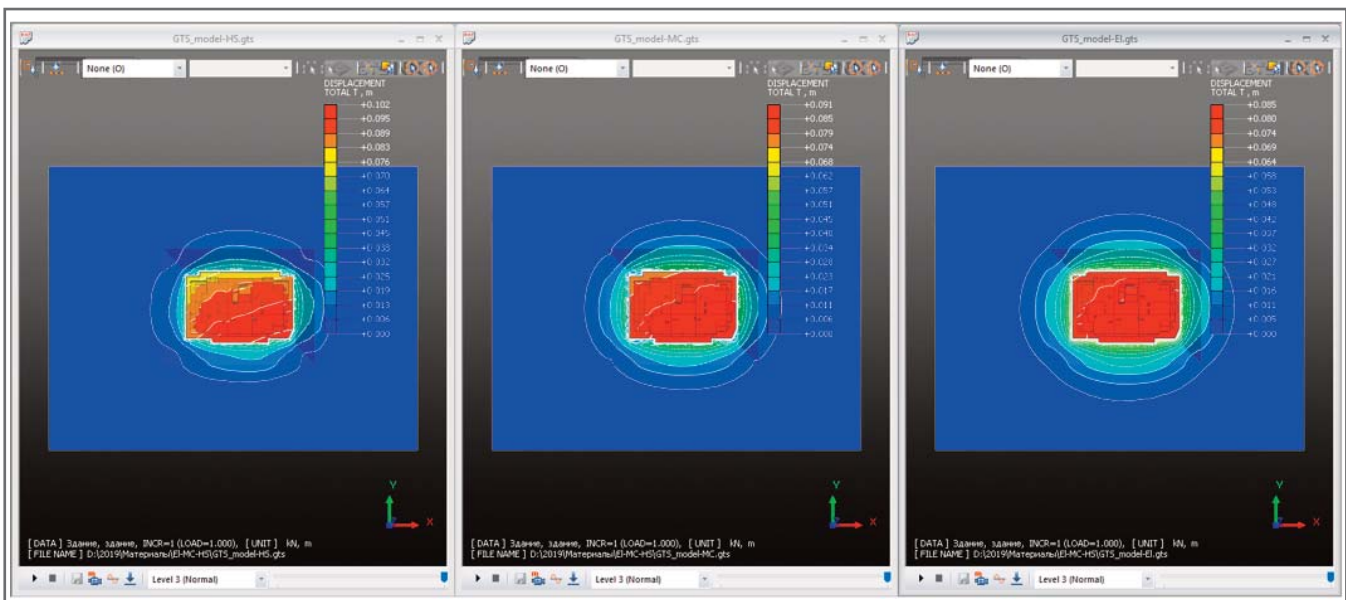


Рис. 5. Зона влияния при различных моделях грунтов

При применении расширенных моделей уточняются напряжения в массиве и, как следствие, изменяются усилия в элементах. Примеры изменений изгибающих моментов в фундаментной плите при применении различных моделей грунтов продемонстрированы на рисунках 3 и 4.

Помимо уточнения усилий в элементах мы также уточняем и общие перемещения в массиве, то есть получаем более достоверные результаты задачи оценки влияния, по осадке и крену здания. Также это позволяет нам уточнить сечения ограждающих конструкций котлована, что положительно скажется на экономическом обосновании проекта в целом.

Модель Мора – Кулона традиционно дает высокие значения по зоне влияния за счет особенностей работы и отсутствия раз-

граничений по работе при первичном нагружении, разгрузке и повторном нагружении. Наглядно данный недостаток можно оценить по значениям выпора грунта при разработке котлована. Модель МС дает гипертрофированные значения по данному компоненту. Конечно, можно применить подходы с изменением модуля деформации, что реализовано в программных комплексах для работы с конструктивом, однако этот подход нельзя назвать точным. Также эта модель является чувствительной к размеру расчетной области. Соответственно, инженеру нужно также внимательно следить за тем, чтобы размер схемы не был избыточным. Пример различных значений по зоне влияния представлен на рисунке 5.

Таким образом, мы приходим к выводу, что уточнение количества армату-

ры происходит за счет более точного описания работы грунта. Однако не стоит забывать и о том, что, используя геотехнический расчет, пользователь может одновременно учесть все факторы, влияющие на работу здания: изменяемый во времени уровень грунтовых вод, расчет консолидации, учет взаимного влияния различных строящихся на одной площадке объектов и т. д. Все это позволяет дать точные результаты без необходимости перерасхода материала.

Практический пример

На основе всего вышеописанного может возникнуть вывод: если нет разработки котлована, при первичном нагружении результаты с использованием геотехнического комплекса и без него

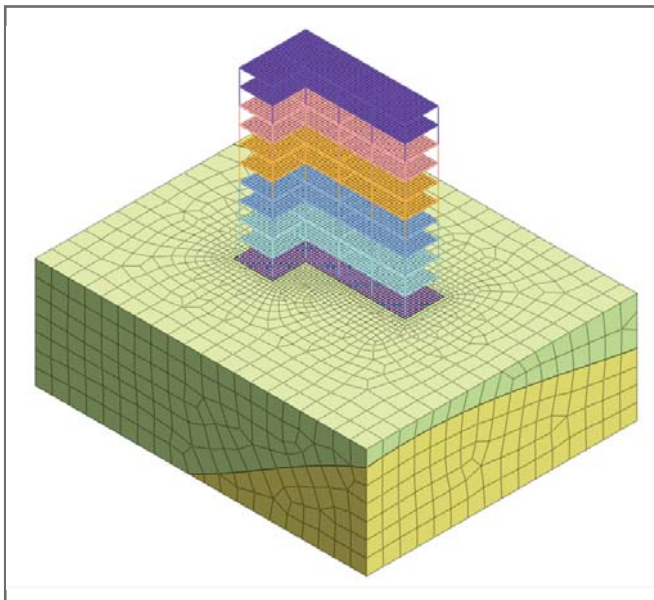


Рис. 6. Расчетная модель в программе midas GTS NX

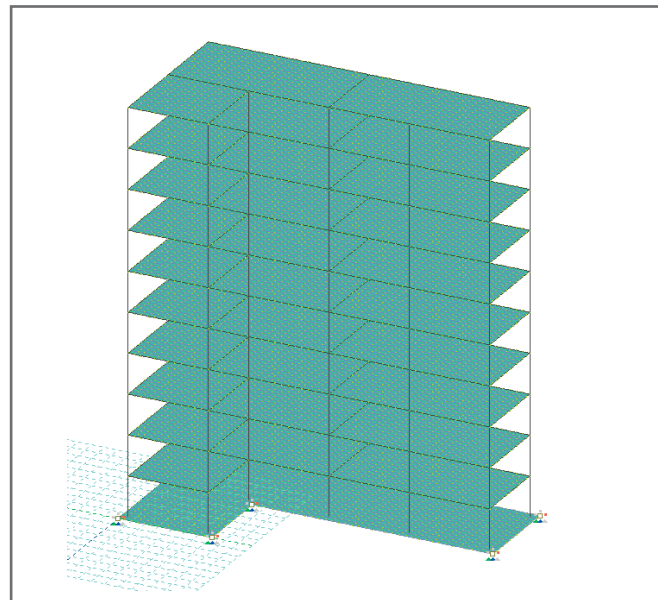


Рис. 7. Расчетная модель в программе ЛИРА 10

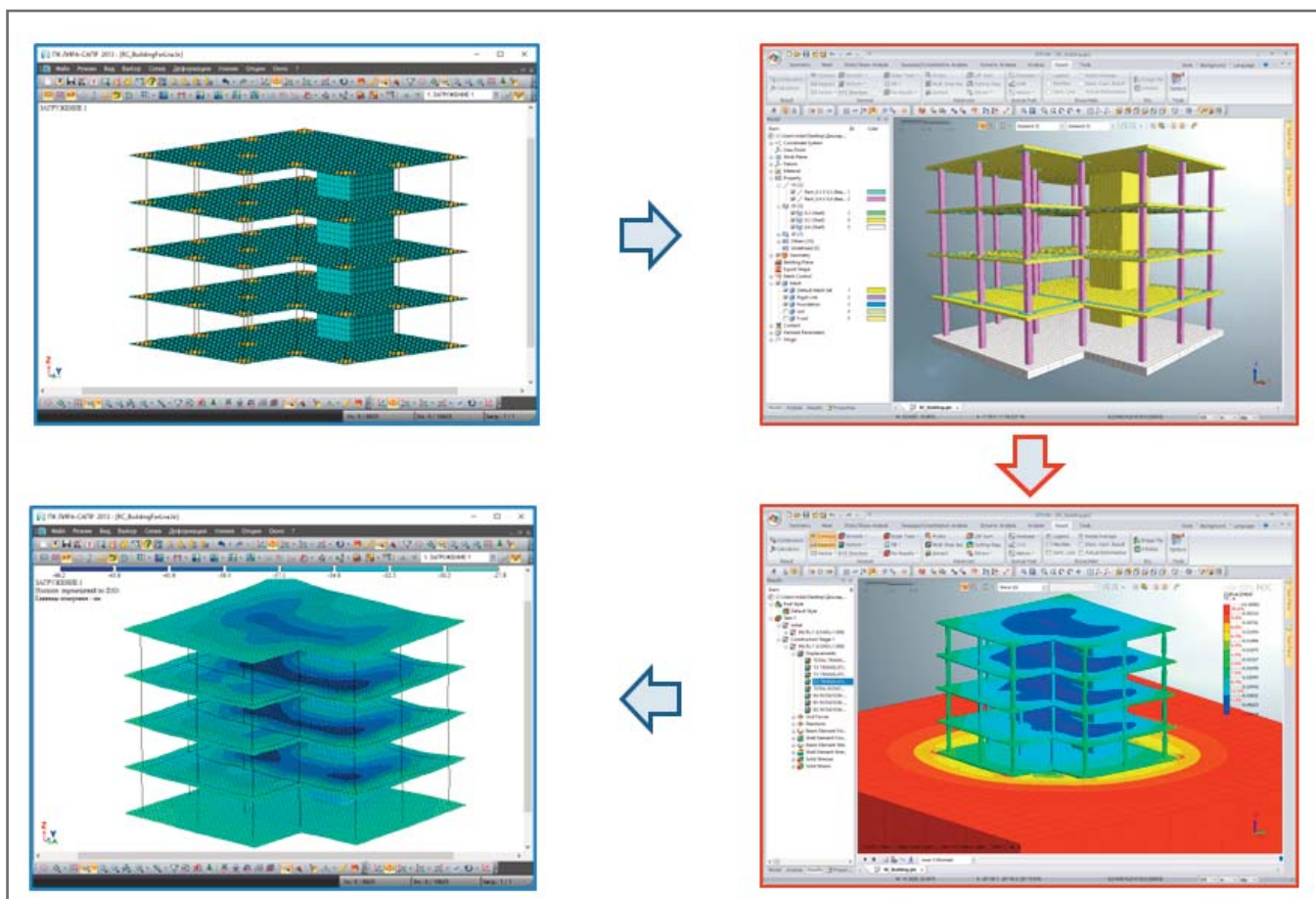


Рис. 8. Принцип взаимодействия программы midas GTS NX и расчетных комплексов ЛИРА и СКАД

будут сопоставимы. Это не совсем так. Общий характер работы конструкции при этом будет схож и анализируемые изгибающие моменты будут близки. Однако перемещения даже в таком случае будут значительно различаться.

Рассмотрим такой пример. Имеется некий массив грунта, состоящий из двух слоев. Дневная поверхность гори-

зонтальна, создание котлована не производится. Моделирование выполняется в программах midas GTS NX и ЛИРА 10. Расчетные модели представлены на рисунках 6 и 7.

Важно отметить, что при выполнении геотехнического расчета у пользователя нет необходимости моделировать конструктив заново. Взаимодей-

ствие программ осуществляется с помощью встроенного конвертора, который позволяет переносить готовые схемы (в конечноэлементном виде, с учетом материалов и сечений, со всеми заданными нагрузками) из программных комплексов ЛИРА Софт, ЛИРА-САПР и СКАД (рис. 8). В рамках такого взаимодействия после выполнения расчета

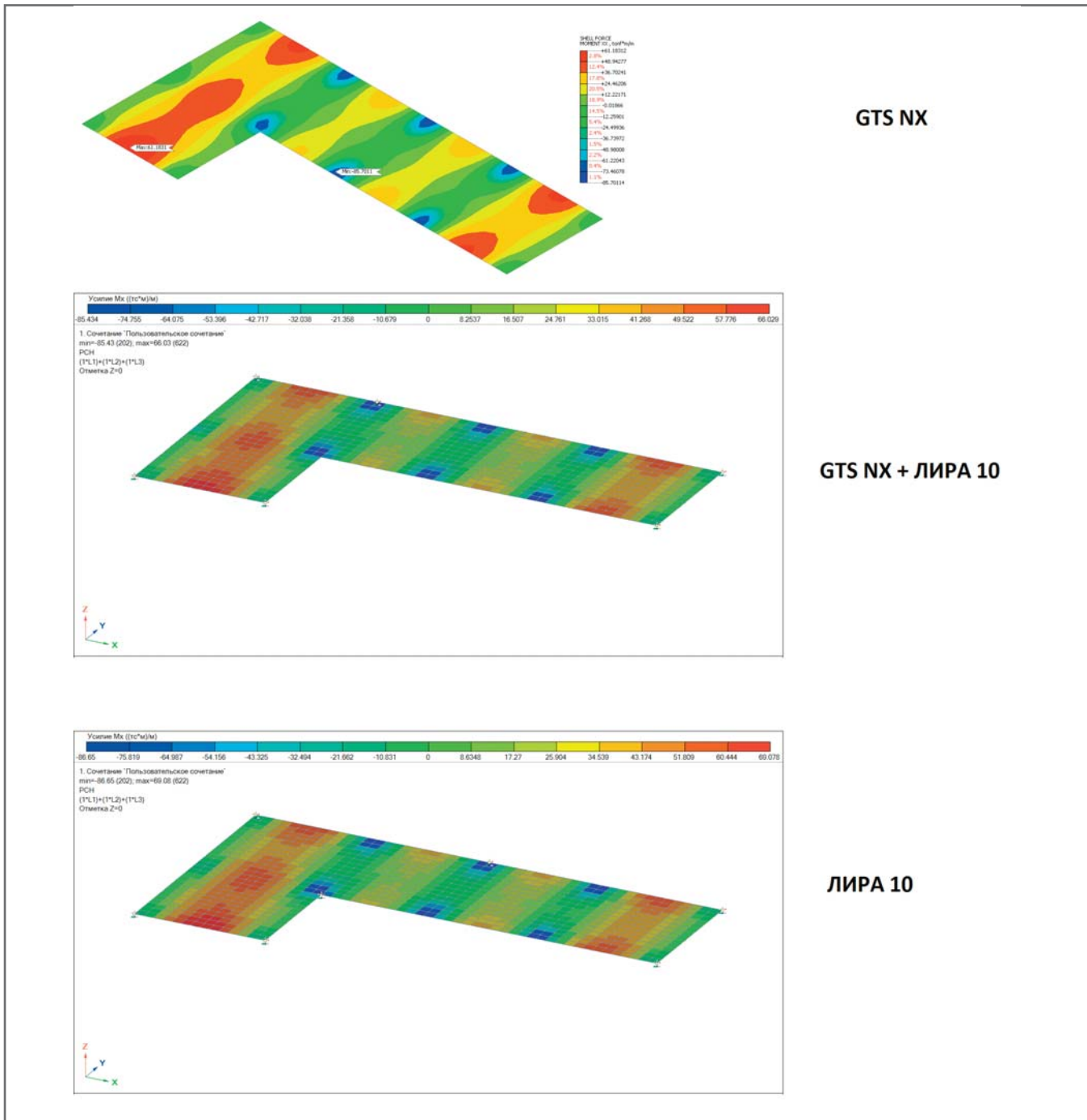


Рис. 9. Результаты расчетов изгибающих моментов в фундаментной плите

мы имеем возможность перенести обратно в один из трех представленных программных комплексов результаты, которые могут содержать коэффициенты постели, одноузловые связи, перемещения для всех узлов модели или перемещения для фундамента. Таким образом можно воспользоваться подбором арматуры встроенным в один из трех программных комплексов, используя усилия в элементах, полученные в рамках расчета системы «грунт – сооружение» с учетом всех факторов, влияющих на работу здания на грунте.

В рассматриваемой тестовой задаче после выполнения расчета в

midas GTS NX были получены коэффициенты постели, перенесенные обратно в программу ЛИРА 10 для дальнейшего анализа.

Сравнивая результаты простейшей задачи на примере изгибающих моментов в фундаментной плите (рис. 9), видим, что работа конструктива идентична в варианте с использованием и без использования midas GTS NX. Однако если рассмотреть результаты по вертикальным смещениям (рис. 10), то разница составит 30%.

Разница в осадках связана с различными значениями коэффициента постели. Различия в коэффициентах об-

условлены в том числе применением модели грунта HS, имеющей сложную траекторию зависимости деформаций от напряжений. В программных комплексах для работы с конструктивом применяется линейная зависимость напряжений от деформаций. Подробнее о сравнении результатов различных моделей (в том числе линейной) и об аналитическом решении мы расскажем в следующем материале.

Выполняя расчет в midas GTS NX, ввиду всех вышеизложенных факторов пользователь получает более точные напряжения и перемещения. Это поведение конструкции и воссоздается с по-

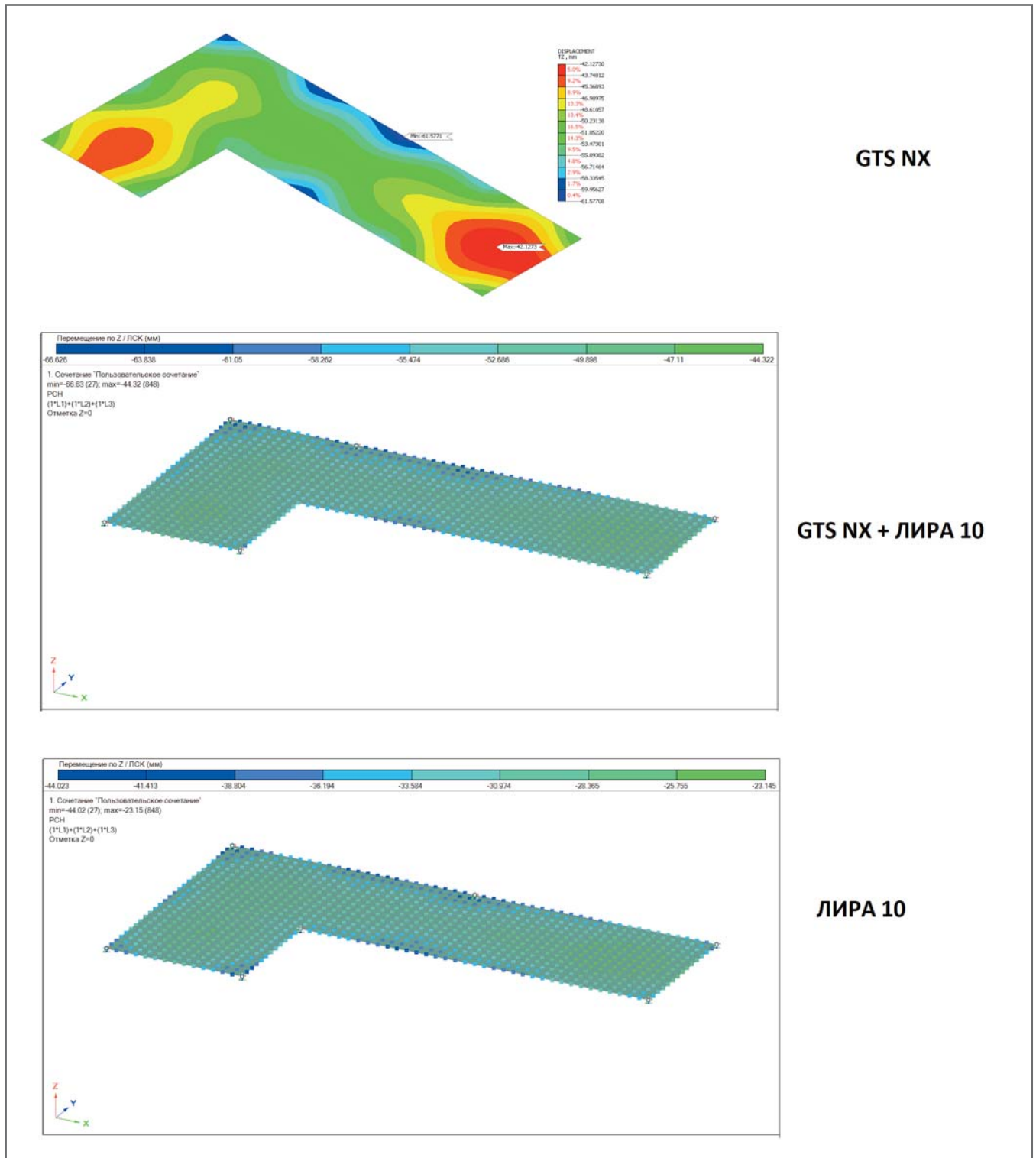


Рис. 10. Результаты расчетов вертикальных смещений фундаментной плиты

мощью коэффициентов постели в программе ЛИРА 10. И, как показано на приведенном примере, результат без использования геотехнического программного комплекса значительно занижен, что в некоторых случаях может быть критичным.

Заключение

Применение одновременно и программного комплекса для работы с конструктивом, и геотехнического про-

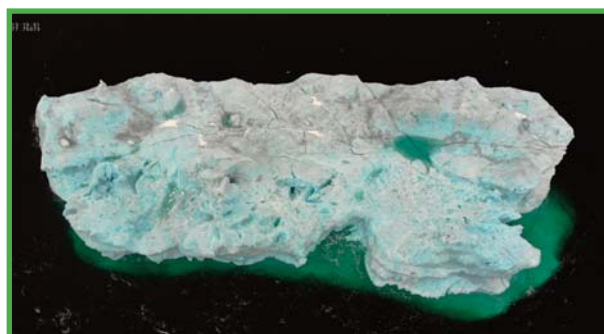
граммного комплекса позволяет повысить точность результатов, что положительно сказывается как на экономическом обосновании проекта, так и на общей надежности сооружения. Их совместное применение не требует от инженера дополнительных действий по моделированию здания, так как встроенный конвертер позволяет сразу перенести конструктив в программу midas GTS NX для выполнения совмещенного расчета. **И**

Пройти бесплатный вводный курс, чтобы больше узнать о возможностях midas GTS NX, о том, как смоделировать разработку котлована, провести расчет оценки влияния и совмещенный расчет «НДС – фильтрация – устойчивость» можно по адресу: midasoft.ru/blog/besplatnyy-vvodnyy-online-kurs-po-rabote-v-midas-gts-nx/?utm_source=site&utm_medium=geo-info&utm_campaign=article&utm_content=gts-v-pgs.



Институт
экологического
проектирования
и изысканий

- Информационное сопровождение управления ледовой обстановкой (ИСУЛО)
- Оперативный спутниковый экологический мониторинг
- Производственный экологический мониторинг
- Программы сохранения биоразнообразия



119234, г. Москва,
Ленинские горы, д. 1, стр. 75Г
Телефон: +7 (495) 930-8751
E-mail: info@iepi.ru

WEB: WWW.IEPI.RU



ОБ ЭФФЕКТИВНЫХ И ЭКОНОМИЧНЫХ АРМОГРУНТОВЫХ СООРУЖЕНИЯХ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ СЕМЕЙСТВА «ТЕРРАМЕШ»

КУКЛО И.А.

Директор по маркетингу компании
«Маккаферри СНГ»
info@ru.maccaferri.com

АННОТАЦИЯ

Итальянская транснациональная компания Maccaferri («Маккаферри») разрабатывает эффективные и экологически безопасные проектные решения и производит продукцию для строительной, геоинженерной и горнодобывающей отраслей на основе обычных габионов и габионов матрасного типа, георешеток, геотекстиля, геокомпозитных материалов, сочлененных железобетонных блоков и пр. «Маккаферри» предлагает уникальные инновационные системы для армирования грунтов, укрепления берегов, снижения рисков стихийных бедствий и т. д. При этом желаемые результаты могут быть получены только в случае адекватных инженерных изысканий на месте, правильного выбора продукции, подходящего и точного проектирования, а также соблюдения необходимых технологий во время строительства.

«Маккаферри» с 1994 года имеет подразделение в России, представительства в остальных странах СНГ и собственный завод в Московской области (maccaferri.com/ru/).

Предлагаем читателям ознакомиться с системами семейства «Террамеш» от «Маккаферри» для экономичного возведения эффективно работающих армогрунтовых подпорных стен, армированных откосов и насыпей при строительстве дорог

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

армогрунтовые сооружения; компания «Маккаферри»; системы семейства «Террамеш».

ON EFFICIENT AND ECONOMICAL REINFORCED SOIL STRUCTURES BASED ON THE SYSTEMS OF THE “TERRAMESH” FAMILY

KUKLO I.A.

Marketing director of the “Maccaferri CIS” company
info@en.maccaferri.com

ABSTRACT

The Italian “Maccaferri” multinational company develops efficient and environmentally friendly design solutions and manufactures products for the construction, geoen지니어ing and mining industries based on conventional gabions and mattress-type gabions, geogrids, geotextiles, geocomposites, connected reinforced concrete blocks, etc. This company offers unique innovative systems for soil reinforcement, bank and coast protection, disaster risk reduction, etc. At that, the desired results can only be obtained with adequate site investigations, proper product selection, suitable and accurate design, and adherence to the necessary technologies during construction.

Since 1994, the “Maccaferri” company has had a division in Russia, representative offices in other CIS countries and its own plant in the Moscow region (maccaferri.com/ru/).

We invite readers to get some information about the systems of the “Terramesh” family produced by the “Maccaferri” company for the construction of efficiently working retaining walls, embankments and slopes of reinforced soil for road construction with money and time saving.

KEYWORDS:

reinforced soil structures; “Maccaferri” company; systems of the “Terramesh” family.

Введение ►

Весьма востребованные системы армирования грунтов, существующие в настоящее время в мире, уже доказали свою эффективность при строительстве и эксплуатации дорог в сложных и стесненных условиях. На сегодняшний день в результате санкций такие продукты стали особенно необходимыми на внутреннем российском рынке.

На выбор наиболее эффективной армогрунтовой системы влияет множество факторов – прежде всего способность выдерживать проектные нагрузки, долговечность, а также экономия времени и средств при строительстве и эксплуатации. Поэтому правильный выбор такой системы для конкретных, в том числе неблагоприятных, условий чрезвычайно важен.

Ряд задач, связанных с ограничениями, возникающими в процессе возведения подпорных сооружений и насыпей при строительстве дорог, способны решить по крайней мере три ключевых продукта семейства «Террамеш» от компании «Маккаферри».

Отметим, что итальянская транснациональная компания Maccaferri («Маккаферри») с 1994 года имеет подразделения в РФ, представительства в остальных

странах СНГ и собственный завод в Московской области (maccaferri.com/ru/), и у нее есть почти тридцатилетний опыт успешной работы с разными армогрунтовыми решениями в России.

Преимущества армогрунтовых систем семейства «Террамеш» ►

Для удержания грунта используют в том числе гравитационные подпорные стены и армогрунтовые конструкции.

Армогрунтовые системы семейства «Террамеш», разработанные и производимые компанией «Маккаферри», представляют собой модульные конструкции (из элементов заводского изготовления, выполненных из сетки двойного кручения), которые используются для создания механически укрепленных сооружений из насыпного грунта. Их применение особенно актуально, если сооружение должно выдерживать экстремальные нагрузки и/или если строительство ведется в сейсмоактивных районах.

Три основные системы семейства «Террамеш» – это собственно «Террамеш», «Зеленый Террамеш» и «Террамеш Минерал». Они похожи между собой, но используются в разных ситуациях и выполняют разные специфиче-

ские задачи. При этом их объединяют следующие общие преимущества.

1. *Прочность системы в целом.* Облицовочная грань и армирующая панель модуля, являющегося основой системы, изготовлены в виде единой конструкции без каких-либо соединений, что обеспечивает ее высокую прочность.

2. *Возможность закладывать коммуникации внутри тела армогрунтового сооружения.* Используется сетка двойного кручения, которая не распускается при локальных повреждениях, поэтому не возникнет проблем при пересечении армирующих элементов с инженерными коммуникациями, заложенными внутри тела насыпи.

3. *Увеличенный срок службы системы за счет покрытия «Полимак».* Для проволоки, из которой изготавливается сетка, используется инновационное полимерное покрытие «Полимак», характеризующееся высокой стойкостью к истиранию, ультрафиолетовому облучению, низким температурам и воздействиям агрессивных химических веществ (кислот, щелочей и пр.). Это значительно увеличивает срок службы сеток.

4. *Долговременное сохранение расчетной прочности.* Длительность со-



Рис. 1. Схематическое изображение устройства армированного сооружения на основе системы «Террамеш» и преимущества этой системы

хранения расчетной прочности продуктов составляет 120 лет. Этот параметр определяется по формулам из нормативных документов с учетом всех коэффициентов запаса прочности.

5. *Отсутствие ограничений по высоте армированных сооружений.* Особенно высокие армированные конструкции на основе систем семейства «Террамеш» можно создавать в сочетании с геосинтетическими парапродуктами компании «Маккаферри», что дополнительно увеличит прочность таких сооружений.

Система «Террамеш» (классическая) ▶

Широко известная на мировом рынке и в РФ система «Террамеш» представляет собой модульную систему для устройства армированных подпорных стенок, которая монтируется из предварительно собранных блоков. Эти блоки



Рис. 2. Армированное сооружение каскадного типа на основе системы «Террамеш» на обходе г. Воронежа на 507 километре трассы М4 «Дон»

изготавливают из сетки двойного кручения | Лицевая часть стенки состоит из коробчатых габионов, каждый из которых



Рис. 3. Схематическое изображение устройства армированного сооружения на основе системы «Зеленый Террамеш» и преимущества этой системы

имеет сзади «хвост» для армирования насыпи – панель, которая засыпается грунтом. Для заполнения габионов используют твердые камни (угловатые или круглые) размером в среднем от 100 до 200 мм (не менее 50 мм и не более 250 мм).

Чтобы лицевая сторона стенки была ровной, при монтаже блоков используют опалубку.

На границе тыльной стороны блоков и грунта обратной засыпки укладывают нетканый геотекстиль, чтобы предотвратить проникновение мелких частиц грунта в тела коробчатых габионов, заполненных каменным материалом, и при этом избежать увеличения гидростатического давления на заднюю сторону габионной конструкции (рис. 1).

В качестве яркого примера оптимального использования системы «Террамеш» в дорожном строительстве в стесненных условиях можно привести создание развязки на обходе г. Воронежа на 507 километре трассы М4 «Дон». В этом случае на основе системы «Террамеш» была устроена подпорная стенка каскадного типа: одна часть – для съезда, вторая – для основной дороги (рис. 2).

Система «Зеленый Террамеш» ▶

«Зеленый Террамеш» представляет собой экологичную модульную систему. Ее используют для строительства армированных откосов и насыпей с озелененной лицевой стороной преимущественно в южных регионах России, где растительный покров образуется быстрее и лучше.

Модули этой системы выполнены из сетки двойного кручения с размером ячейки 8 см x 10 см. Их дополнительно



Рис. 4. Армогрунтовое сооружение на основе системы «Зеленый Террамеш» (Грузия)

усиливают панели из сварной металлической сетки на лицевой стороне. Конструкция из сборных модулей легко монтируется на месте. Облицовку под заданным углом поддерживают распорки. Нужный угол наклона лицевой грани (45, 60, 65, 70 град.) задают специальные треугольники.

Не вертикальная, а наклонная лицевая сторона системы вместе с использованием геоматов или биополотен и слоя плодородного грунта (почвы) толщиной 30–50 см, уложенного под ними, способствуют ускорению образования естественного растительного покрова (рис. 3).

В качестве яркого примера можно привести использование системы «Зеленый Террамеш» для ликвидации ошибки проектного решения при строительстве одного из дорожных тоннелей в Грузии. При реализации проекта были выполнены вертикальная подрезка горы и искусственное удлине-

ние тоннеля с обеих сторон на 60 м. После завершения строительства подрезанная часть горы стала неустойчивой, а выполаживание склона уже не представлялось возможным. Эту проблему удалось решить с помощью устройства армогрунтового сооружения на основе системы «Зеленый Террамеш», которое обеспечило устойчивость сползающего склона и гармонично вписалось в существующий ландшафт после его озеленения (рис. 4).

Система «Террамеш Минерал» ▶

«Террамеш Минерал» идеально подходит в тех случаях, когда важна не только несущая способность армогрунтового сооружения, но и его эстетичный современный вид. К тому же эта система отличается экономичностью и сравнительно высокой скоростью возведения: для заполнения блоков требуется на 30–40% меньше каменного ма-

«Террамеш Минерал» — это уникальная армогрунтовая система с наклонной каменной облицовкой

- 120 ЛЕТ** РАСЧЕТНЫЙ СРОК СЛУЖБЫ
- 60 м²** МОНТИРУЕТСЯ ЗА СМЕНУ
- МЕНЬШИЙ РАСХОД КАМНЯ

Рис. 5. Схематичное изображение устройства армогрунтового сооружения на основе системы «Террамеш Минерал» и преимущества этой системы



Рис. 6. Пример армогрунтового сооружения на основе системы «Террамеш Минерал»

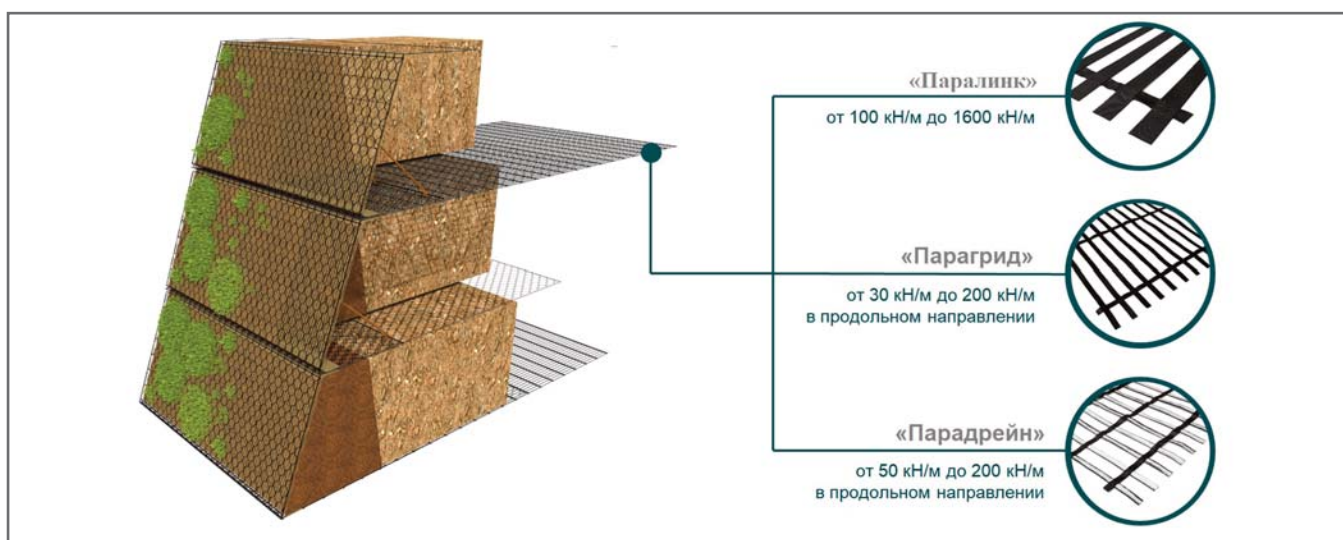


Рис. 7. Схематичное изображение устройства комбинированного армогрунтового сооружения на основе системы семейства «Террамеш» в сочетании с георешетками «Паралинк», «Парагрид» или «Парадрейн» с указанием прочности этих решеток

териала по сравнению с классической системой «Террамеш».

В своей основе система «Террамеш Минерал» аналогична системе «Зеленый Террамеш». На лицевой стороне армогрунтового сооружения устанавливаются панели из оцинкованной сварной сетки.

«Террамеш Минерал» поставляется в предсобранном состоянии, что существенно сокращает время на проведение монтажных работ, а также способствует большей точности возведения. Угол наклона лицевой грани армогрунтового сооружения может достигать до 87 град., то есть передняя сторона подпорной стенки получается почти вертикальной (рис. 5, 6).

Гибридные конструкции ▶

Для строительства высоких армогрунтовых сооружений используются гибридные конструкции, когда системы

семейства «Террамеш» сочетаются с парaproдуктами от компании «Маккаферри» – высокопрочными геосинтетическими материалами, дополнительно армирующими тело насыпи.

Модули «Террамеш» отлично сочетаются с георешетками «Паралинк» и «Парагрид». А при использовании для засыпки местного грунта с повышенным водонасыщением лучше использовать уникальные георешетки «Парадрейн». Они также устойчивы к высоким нагрузкам, но в центре каждой ленты находится дренажная канавка, защищенная термоскрепленным геотекстилем, что помимо основного дренажа способствует дополнительному отводу воды из тела насыпи (рис. 7).

Комбинирование продуктов компании «Маккаферри» весьма экономично и обеспечивает очень высокую эффективность работы для решения задач лю-

бого уровня сложности по сравнению со многими другими технологиями.

Заключение ▶

Армогрунтовые сооружения могут создаваться в условиях ряда ограничений, например при слабых грунтах оснований, стесненном пространстве для работ, суровом климате, наличии сейсмоопасности и т. д. Но они в любом случае должны выдерживать проектные нагрузки и быть долговечными, поэтому выбор наиболее эффективной системы для армирования грунта в каждом конкретном случае чрезвычайно важен. Не менее важно выбрать систему, покупка и использование которой для строительства отнимет минимальное количество времени и денег. Этим критериям вполне отвечают три ключевых продукта компании «Маккаферри», о которых шла речь в настоящей статье. **и**



АО «МОСТДОРГЕОТРЕСТ»

ГЕОТЕХНИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ

Лаборатория оснащена отечественным и зарубежным оборудованием последнего поколения по всем направлениям деятельности лаборатории: испытания дисперсных, скальных, мерзлых грунтов и геокомпозитов.

На постоянной основе работают курсы повышения квалификации для экспертов в области геотехники.

Организован постоянный доступ супервайзеров и общедоступная онлайн трансляция работы лаборатории на портале Геоинфо и сайте лаборатории.



MDGT.RU



Источник фото: pixabay.com
Photo source: pixabay.com

О ВАЖНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОВЕДЕНИЯ АРМОГРУНТОВОГО СООРУЖЕНИЯ

ВАСИН М.В.
Обозреватель

АННОТАЦИЯ

Предлагаем вниманию читателей обзор материалов статьи «Важность результатов геотехнического мониторинга для оценки поведения армогрунтового сооружения: случай из практики» [1], опубликованной в свое время в журнале *Journal of Applied Engineering Sciences* на английском языке. Авторы указанной статьи – Мариан Друска и Йозеф Влчек, работающие на кафедре геотехники факультета гражданского строительства Университета Жилины (г. Жилина, Словакия).

В указанной статье [1] продемонстрирована важная роль геотехнического мониторинга поведения армогрунтовых сооружений при строительстве и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры в сложных геологических условиях. Такие сооружения, к сожалению, часто проектируются и возводятся на основе недостаточно качественно выполненных инженерно-геотехнических изысканий или просто неверно проектируются в отношении конкретных условий строительной площадки. Это может привести к большим деформациям сооружения, потере его устойчивости, сокращению срока службы, а восстановительные работы при этом бывают сложными и дорогими.

При модернизации железнодорожной линии Братислава – Тренчин (Словакия) часть насыпи была укреплена подпорной стенкой из насыпного грунта, армированного геосинтетическими материалами. Данные измерений при геотехническом мониторинге этого армогрунтового сооружения были сопоставлены в статье [1] с результатами конечноэлементного моделирования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

армогрунтовое сооружение; армогрунтовая подпорная стенка; деформации; метод конечных элементов; геотехнический мониторинг.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

О важности результатов геотехнического мониторинга для оценки поведения армогрунтового сооружения // *Геоинфо*. 2023. № 4. С. 58–63
DOI:10.58339/2949-0677-2023-5-1-58-63

ON THE IMPORTANCE OF GEOTECHNICAL MONITORING RESULTS TO ASSESS THE BEHAVIOR OF A REINFORCED SOIL STRUCTURE

MIHAIL V. VASIN
Reviewer

ABSTRACT

We bring to the attention of the readers a review of the materials of the article "Importance of results obtained from geotechnical monitoring for evaluation of reinforced soil structure – case study" [1], published once before in the Journal of Applied Engineering Sciences in English. The authors of that article are Marian Drusa and Josef Vlcek, who work at the Department of Geotechnics, Faculty of Civil Engineering, University of Zilina (Zilina, Slovakia).

The mentioned article [1] demonstrates the important role of geotechnical monitoring of the behavior of reinforced soil structures during the construction and operation of transport infrastructure facilities in difficult geological conditions. Unfortunately, such sort of structures are often designed and built on the basis of poorly performed geotechnical surveys, or they are simply incorrectly designed in relation to the specific conditions of the construction site. This can lead to large deformations of the structure, loss of its stability, its reduced service life. At that, restoration work can be difficult and expensive.

During the modernization of the Bratislava-Trencin railway line (Slovakia), part of the embankment was reinforced with a retaining wall made of filled-up soil reinforced with geosynthetics. The geotechnical monitoring data were compared in the article [1] with the results of finite element modeling of this reinforced soil structure.

KEYWORDS:

reinforced soil structure; reinforced soil retaining wall; deformations; FEM; geotechnical monitoring.

FOR CITATION:

O vazhnosti rezul'tatov geotekhnicheskogo monitoringa dlya otsenki povedeniya armogruntovoogo sooruzheniya [On the importance of geotechnical monitoring results to assess the behavior of a reinforced soil structure]// Geoinfo. 2023. 4: 58–63 DOI:10.58339/2949-0677-2023-5-1-58-63 (in Rus.).

Введение ►

Мариан Друсa и Йозеф Влчек в начале своей статьи [1] указывают, что авторами работ [2, 3] был выполнен мониторинг состояния и поведения армогрунтовой подпорной стенки, построенной в неблагоприятных инженерно-геологических условиях для укрепления насыпи при модернизации железнодорожной линии. Полученные результаты непосредственных измерений были сопоставлены в работе [1] с результатами конечноэлементного моделирования.

Указанную армогрунтовую подпорную стенку запроектировали с усилением насыпного грунта геосинтетическими материалами и с устройством ее лицевой стороны из сборных бетонных элементов. Ввиду неблагоприятных инженерно-геологических условий данное армогрунтовое сооружение опиралось на геоплиту со сборными вертикальными геодренами

в подстилающем грунте для ускорения консолидации насыпного грунта.

Геотехнический мониторинг ►

Целью указанного геотехнического мониторинга была проверка проектных решений о поведении рассматриваемого армогрунтового сооружения, особенно рисков, связанных с его строительством на грунтах с низкой несущей способностью. Измерения горизонтальных смещений грунта основания проводились с помощью вертикального инклинометра, а его вертикальных смещений – с помощью тензометра (по методикам из работ [4, 5], на которые ссылаются авторы статьи [1]). Для измерения смещений армогрунтового сооружения использовались геодезические методы в соответствии с национальным и европейским стандартами измерения деформаций поверхности.

Друсa и Влчек [1] подчеркивают, что деформации армогрунтовых подпорных стенок с жесткой лицевой поверхностью должны соответствовать следующим допускам:

- смещения – в пределах ± 5 мм на 1 м высоты сооружения;
- локальное выгибание или прогибание вертикальной или горизонтальной поверхности – в пределах 20 мм на 4,5 м высоты сооружения;
- горизонтальное смещение верха стенки – в пределах ± 15 мм от контрольной линии;
- неравномерность осадок в продольном направлении – не более 0,5%.

Авторы статьи [1] отмечают, что еще одним важным параметром, который необходимо контролировать при проектировании и строительстве, согласно европейским стандартам является содержание мелких частиц насыпного

грунта размером менее 0,08 мм: их должно быть не более 5% для водонепроницаемого материала и не более 35% для крупнозернистого материала. Содержание частиц размером менее 0,02 мм не должно превышать 10%. Но критерии по гранулометрическому составу насыпного грунта часто не соблюдаются, что при неподходящей дренажной способности щебня в водонепроницаемой зоне на контактах сегментов стен приводит к появлению влаги на поверхностных блоках. Рекомендуемая длина таких контактных зон – от 0,6 до 1 м. Другим предельным условием является максимально возможное содержание мелких фракций грунта для хорошего взаимодействия георешеток с насыпным материалом.

Для измерения местоположений точек армогрунтового сооружения при мониторинге, как указывают Друса и Влчек [1] на основе работ [2, 3], использовался метод триангуляции, а контроль высоты выполнялся с помощью очень точных методов нивелирования. Для определения поведения сооружения использовались шесть профилей измерений. Каждый профиль был снабжен пятью геодезическими марками для измерения смещений точек на поверхности стенки. Каждый из двух профилей, проходящих через самую высокую часть армогрунтового сооружения, был оборудован инклинометрической скважиной у его подножия, предназначенной для инклинометрических измерений как гори-

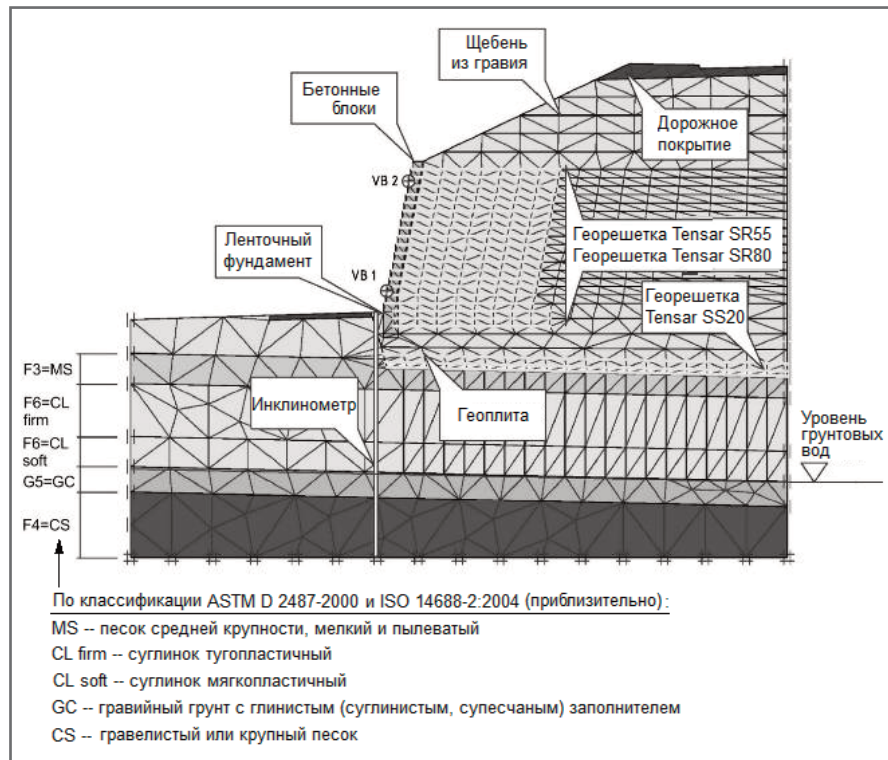


Рис. 1. Модель для 2D конечноэлементного моделирования одного из разрезов армогрунтового сооружения с указанием мест расположения инклинометра и геодезических марок (VB1, VB2) (по [1])

зонтальных, так и вертикальных смещений (по методикам из работы [5–10], на которые ссылаются авторы статьи [1]).

Измерительные приборы были встроены после окончания устройства верхнего уровня армогрунтового сооружения. Это не позволило контролировать его поведение в процессе строитель-

ства, но было полезно для контроля на этапе эксплуатации. Измерения на профилях проводились с месячными интервалами. Всего было выполнено двенадцать измерений, включая основное.

Учитывая то, что мониторинг осуществлялся только после завершения строительства армогрунтового сооруже-

Таблица 1. Параметры грунта основания армогрунтового сооружения (по [1])

Параметр	Обознач.	Грунт (см. рис. 1)				Ед. изм.
		F6=CL firm	F6=CL soft	G5=GC	R6/F4=CS	
Комплексная геомеханическая (конститутивная) модель поведения материала	-	Мора – Кулона				-
Водопроницаемость	-	недренир.	недренир.	дренир.	недренир.	-
Удельный вес выше уровня грунтовых вод	γ	19	19,5	18	19,5	кН/м ³
Удельный вес ниже уровня грунтовых вод	γ_{sat}	20	20,5	19,5	20,5	кН/м ³
Коэффициент фильтрации в горизонтальном направлении	k_x	0,010	0,010	20	0,010	м/сут
Коэффициент фильтрации в вертикальном направлении	k_y	0,001	0,001	2	0,001	м/сут
Модуль Юнга	E_{ref}	4×10^3	4×10^3	50×10^3	4×10^3	кН/м ²
Коэффициент Пуассона	ν	0,35	0,35	0,3	0,35	-
Удельное сцепление	c	15	10	5	15	кН/м ²
Угол внутреннего трения	φ	20	18	30	15	град.
Угол дилатансии	ψ	0	0	0	0	град.
Коэффициент снижения прочности грунта на контакте «конструкция – грунт»	R_{inter}	0,7	0,7	0,9	0,8	-

Таблица 2. Параметры георешеток, усиливающих насыпной грунт (по [1])

Параметр	Обознач.	Георешетка Tensar SS20	Арматура геоплиты	Георешетка Tensar SR55	Георешетка Tensar SR80	Ед. изм.
Модель поведения материала	-	линейно-упругая				-
Осевая жесткость	EA	350	1700	750	1000	кН/м

Таблица 3. Параметры остальных материалов армогрунтового сооружения (по [1])

Параметр	Обознач.	Бетонный фундамент	Бетонные блоки	Гравий 0/63	Дорожное покрытие	Ед. изм.
Модель поведения материала	-	Мора – Кулона				-
Водопроницаемость	-	непористый	непористые	дренир.	непористое	-
Удельный вес выше уровня грунтовых вод	γ	25	24	19,5	23	кН/м ³
Удельный вес ниже уровня грунтовых вод	γ_{sat}	-	-	21	23,5	кН/м ³
Коэффициент фильтрации в горизонтальном направлении	k_x	-	-	100	0,001	м/сут
Коэффициент фильтрации в вертикальном направлении	k_y	-	-	50	0,0001	м/сут
Модуль Юнга	E_{ref}	31x10 ⁶	32x10 ⁶	150x10 ³	2x10 ⁶	кН/м ²
Коэффициент Пуассона	ν	0,2	0,2	0,3	0,35	-
Удельное сцепление	c	500	580	0,1	300	кН/м ²
Угол внутреннего трения	φ	35	35	32	30	град.
Угол дилатансии	ψ	-	-	2	0	град.
Коэффициент снижения прочности грунта на контакте «конструкция – грунт»	R_{mer}	-	-	0,9	0,8	-

ния, можно было прогнозировать достаточно малые смещения. Это подтвердилось тем, что измеренные горизонтальные смещения в скважинах были не более 2–3 мм в обоих направлениях, за исключением небольшой глубины под поверхностью у подножия подпорной стенки, где они достигали 7 мм. Последнее было вызвано концентрацией напряжений в зоне нижней стороны подпорной стены. И эти смещения продолжали увеличиваться, но можно было наблюдать некоторое замедление их роста.

Моделирование результатов геотехнического мониторинга ►

Друсса и Влчек [1] задают вопрос: «Почему для успешного проектирования и строительства рассматриваемого сооружения необходимо моделирование?» И сами себе отвечают, что, во-первых, оно нужно для калибровки входных параметров, задействованных при проектировании сооружения, а во-вторых, важно подтвердить способность конечноэлементных моделей быть точными относительно реального поведения сооружений в сложных инженерно-геологических условиях.

Авторы статьи [1] выполнили для рассматриваемого объекта конечноэле-

ментное моделирование в программе PLAXIS 2D, при котором можно было наблюдать за виртуальным процессом строительства армогрунтового сооружения, а также отслеживать его разные параметры в разных точках. Для моделирования Друсса и Влчек [1] выбрали профиль (разрез), где подпорная стенка достигает высоты 6 м (рис. 1).

Геологический разрез и свойства грунтов были определены с помощью инженерно-геологических и геотехнических изысканий и испытаний, проведенных для отдельных слоев армогрунтового сооружения и его грунтового основания. При моделировании Друсса и Влчек [1] использовали 15-узловые конечные элементы и метод расчетов деформаций с учетом упрочнения грунта в процессе его консолидации (consolidation method), что позволяло обновлять сетку конечных элементов и поровые давления, а также реакции грунтов основания на увеличение нагрузки на разных этапах строительства сооружения (эти этапы рассматривались в работе [2], на которую ссылаются авторы статьи [1]).

Обновление сетки включало вторичные эффекты деформирования, учитывающие изменения геометрии при больших деформациях, что положительно

сказывается на устойчивости армогрунтового сооружения. Такая корректировка расчетов имитировала реальное поведение сооружения в процессе строительства.

Обновление поровых давлений учитывало оседание водонасыщенных глинистых слоев, перекрывающих коренную породу, и последующее выталкивающее действие воды, что снижало эффективное напряжение в слоях.

Для детального учета условий при строительстве армогрунтового сооружения и последующей консолидации насыпных грунтов расчеты были разбиты на несколько этапов, соответствующих фактическому ходу работ. Для прямого сравнения результатов моделирования с данными геотехнического мониторинга значения расчетных деформаций были вычтены непосредственно из модели в местах расположения инклинометрической скважины и геодезических марок (по методике из статьи [8], на которую ссылаются авторы работы [1]).

Параметры материалов приведены в таблицах 1–3. Для грунтовых и бетонных конструкций Друсса и Влчек [1] выбрали комплексную геомеханическую модель поведения материалов Мора – Кулона.

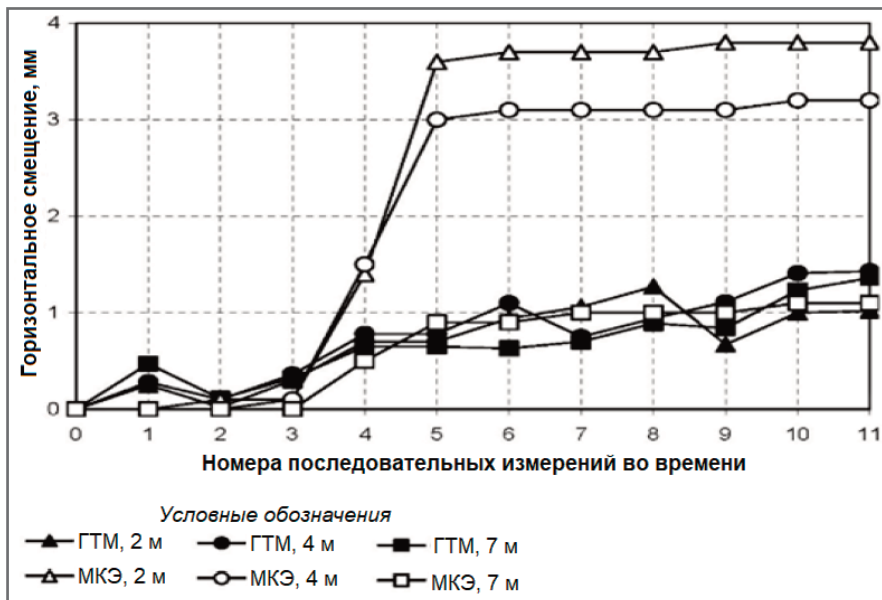


Рис. 2. Развитие во времени горизонтальных смещений на глубине 2, 4 и 7 м ниже поверхности земли по результатам измерений в инклинометрической скважине при геотехническом мониторинге (ГТМ) и по результатам конечноэлементного моделирования (МКЭ). Временной промежуток между измерениями составляет 1 месяц (по [1])

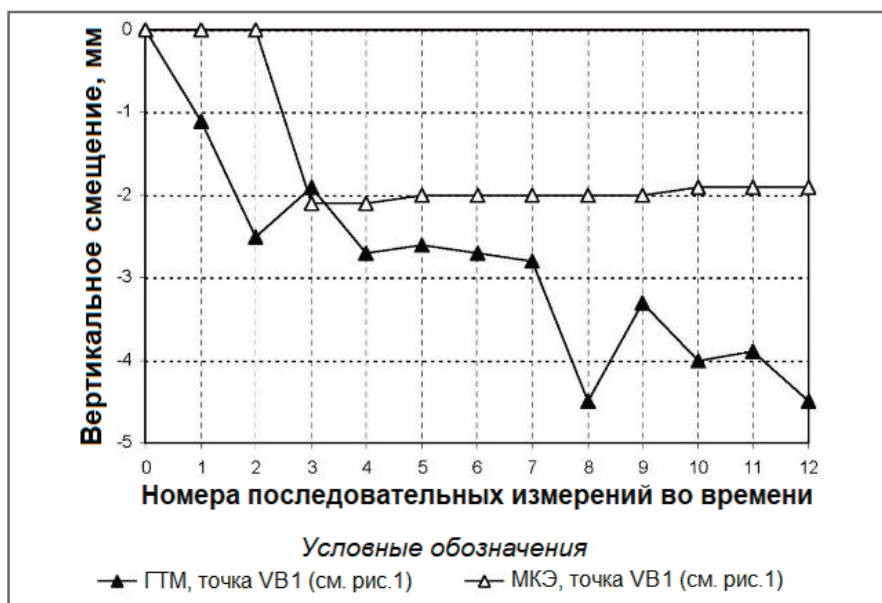


Рис. 3. Развитие во времени вертикальных смещений точки VB1 (см. рис. 1) по результатам измерений по геодезической марке на армогрунтовом сооружении при геотехническом мониторинге (ГТМ) и по данным конечноэлементного моделирования (МКЭ). Временной промежуток между измерениями составляет 1 месяц (по [1])

Модель армирующего материала георешеток авторы работы [1] приняли упругой по отношению к небольшим прогнозируемым деформациям в пределах требований технических стандартов. Значения осевой жесткости ЕА для георешеток были найдены на основе результатов их испытаний при деформации (удлинении), равной 1%. Изменения горизонтальных смещений во времени по результатам измерений в инклинометрической скважине, пробуренной от подножия подпорной стенки,

и по результатам соответствующего конечноэлементного моделирования показаны на рисунке 2.

В целом, как указывают авторы статьи [1], результаты конечноэлементного моделирования отражают тренды геотехнического мониторинга. Но имеются расхождения, которые особенно заметны в слоях пылеватых и глинистых грунтов на глубине 2 и 4 м. Использование для этих грунтов более совершенной комплексной геомеханической (конститутивной) модели поведения ма-

териала позволило бы повысить точность результатов. Однако для такой модели потребовалось бы больше входных данных, которые в рассматриваемом случае из практики не были определены *in situ* или позднее в лаборатории, поэтому были недоступны. С другой стороны, как отмечают Друса и Влчек [1], из рисунка 2 видно, что для моделирования поведения песчаных и гравийных грунтов вполне достаточно модели Мора – Кулона. На глубине 7 м (в слое водонасыщенного гравийного грунта с глинистым заполнителем) результаты мониторинга и моделирования оказались достаточно близкими друг к другу.

Авторы статьи [1] обращают внимание, что на рисунке 2 можно увидеть время укладки слоев дорожной одежды – по увеличению смещений между измерениями 3 и 4 по данным как мониторинга, так и моделирования.

Геодезические работы для рассматриваемого профиля состояли из точных измерений высотных отметок точки VB1 (см. рис. 1) и плановых положений точки VB2 (см. рис. 1), в результате чего были получены соответственно вертикальные и горизонтальные смещения точек (деформации) (рис. 3, 4).

Таким образом, сопоставление результатов мониторинга и моделирования, выполненное авторами работы [1], показало, что метод конечных элементов является подходящим инструментом для анализа поведения армогрунтовых сооружений, в том числе армогрунтовых подпорных стен в транспортной инфраструктуре. Результаты моделирования и мониторинга получились близкими друг к другу, хотя расчеты по данным измерений проводились без достаточной калибровки моделей материалов – только с использованием данных геотехнических изысканий и испытаний *in situ*.

Заключение ►

Конечноэлементный анализ, выполненный авторами статьи [1], показал, что выбранные методы позволяют достаточно точно прогнозировать поведение моделируемых армогрунтовых сооружений. Расхождения между результатами мониторинга и итогами моделирования в рассмотренном случае, как отмечают Друса и Влчек [1], ссылаясь на работу [2], были вызваны несовершенством построения модели. То есть было необходимо такое обобщение и упрощение основных взаимосвязей комплексных геомеханических моделей поведения материалов, устрой-

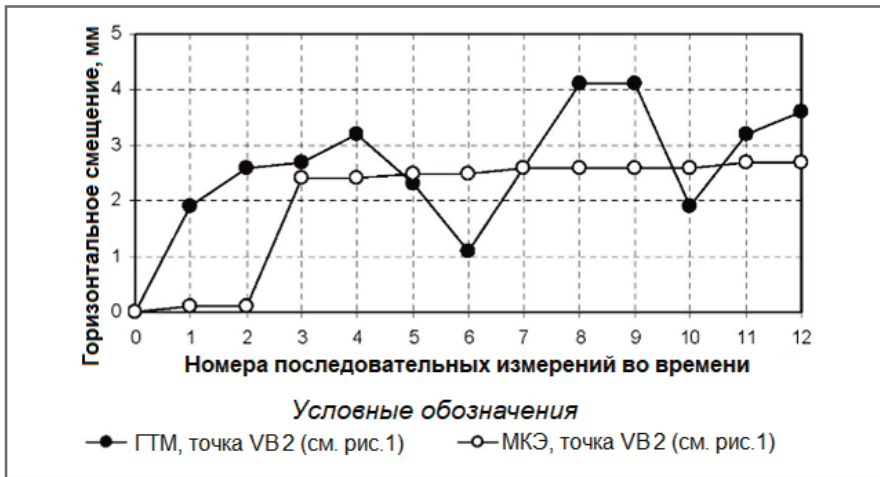


Рис. 4. Развитие во времени горизонтальных смещений точки VB2 (см. рис. 1) по результатам измерений по геодезической марке на армогрунтовом сооружении при геотехническом мониторинге (ГТМ) и по данным конечноэлементного моделирования (МКЭ). Временной промежуток между измерениями составляет 1 месяц (по [1])

ства армогрунтового сооружения и его основания, а также этапов расчетов, чтобы расчетные процедуры могли выполняться без каких-либо неустойчивостей расчетного процесса или необычного поведения модели.

Для более сложных сооружений и основных взаимозависимостей, как подчеркивают авторы работы [1], само по себе моделирование не заменяет в полной мере геотехнический монито-


ринг. В целях создания наиболее подходящих расчетных моделей в таких случаях необходимо анализировать гораздо большее количество данных по объектам мониторинга, что приводит к получению большего количества входной информации для моделирования, с помощью которого можно было бы описать наиболее реалистичное поведение сооружения даже до начала его строительства.

Хотя в ряде случаев и требуются более обширные входные данные, общей тенденцией в области геотехники является реализация проектных решений без какого-либо дополнительного перепроектирования сооружений. Но это возможно, как подчеркивают Друса и Влчек [1], только при тщательном анализе рисков, обусловленных геологической средой, по отношению к свойствам используемых материалов.

На основе результатов выполненного моделирования и работ [2, 6] авторы статьи [1] выделяют следующие моменты.

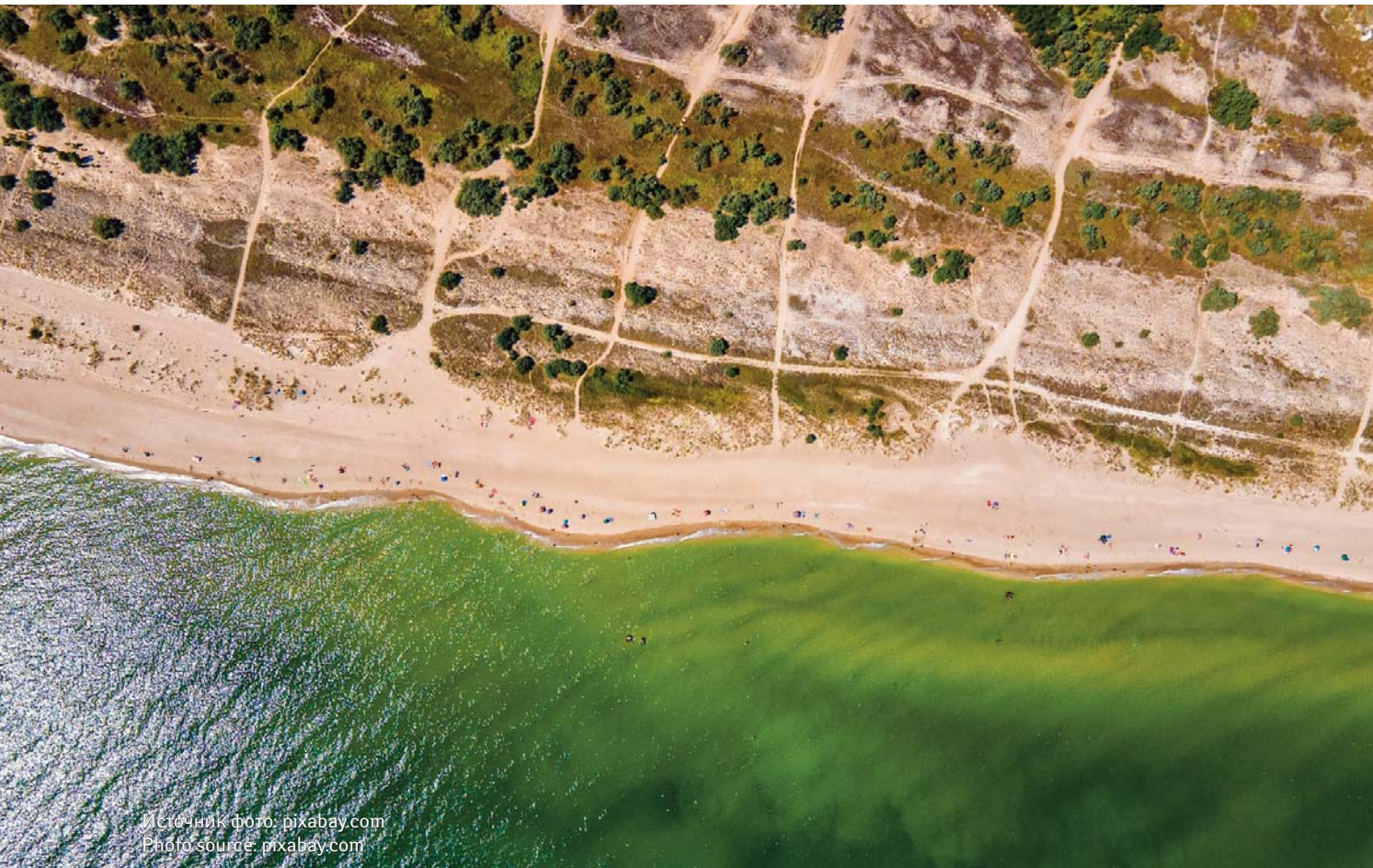
1. Метод конечных элементов (МКЭ) позволяет с достаточной точностью спрогнозировать поведение армогрунтового сооружения до начала строительных работ.

2. МКЭ позволяет оптимизировать проект сооружения, а также технологию и этапы строительства для соответствия условиям предельных состояний по пригодности к эксплуатации.

3. Моделирование с использованием МКЭ позволяет легко определить требуемые параметры в любой точке модели, а аналитические методы не позволяют или требуют более сложных шагов для получения этих параметров. 

Список литературы (References) ►

1. Drusa M., Vlcek J. Importance of results obtained from geotechnical monitoring for evaluation of reinforced soil structure – case study // *Journal of Applied Engineering Sciences*. 2016. Vol. 6. № 1. Article № 199. P. 23–27. URL: <https://sciendo.com/issue/jaes/6/1>. DOI:10.1515/jaes-2016-0002.
2. Drusa M. Numerical verification of geotechnical structure in unfavourable geological conditions – case study // *Geoscience Engineering*. 2015. Vol. 61. № 2. P. 8–13. ISSN 1802-5420.
3. Decky M., Drusa M., Pepucha L., Zgutova K. *Earth Structures of Transport Constructions*. Harlow, Essex, UK: Pearson Education Limited, 2013. P. 180. ISBN 978-1-78399-925-5.
4. Grof V. Geotechnical monitoring SO 24-38-01 Nove Mesto nad Vahom – Trencianske Bohuslavice. Communication of the overpass in nrkm 104,346 including retaining wall. Zilina: Geoexperts, 2011 (in Slovak).
5. Segalini A., Chiapponi L., Pastarini B. Application of modular underground monitoring system (MUMS) to landslides monitoring: evaluation and new insights // *Engineering Geology for Society and Territory*. Volume 2. Landslide Processes. Springer International Publishing, 2015. DOI:10.1007/978-3-319-09057-3.
6. Das B., Sobhan K. *Principle of Geotechnical Engineering* (8th Edition). Cengage Learning, 2014.
7. Cheben V., Drusa M., Kuba M. Innovative groundwater table monitoring using TDR // *International Journal of GEOMATE*. 2015. Vol. 9. № 1. P. 1428–1433. EID: 2-s2.0-84930257614. ISSN:2186-2982(part). Japan ISBN 10:1-133-11089-4.
8. Lamich D., Marschalko M., Yilmaz I., Bednarova P., Niemiec D., Kubecka K., Mikulenska V. Subsidence measurements in roads and implementation in land use plan optimisation in areas affected by deep coal mining // *Environmental Earth Sciences*. 2016. Vol. 75. № 1. Article № 69. P. 1–11.
9. Yilmaz I., Marschalko M., Lamich D., Drusa M., Machacik J., Heviankova S., Kyncl M., Lackova E., Bestova E., Krcmar D., Stutz E., Bednarik M. Monitoring of heat transmission from buildings into geological environment and evaluation of soil deformation consequences in foundation engineering // *Environmental Earth Sciences*. 2014. Vol. 72. № 8. DOI:10.1007/s12665-014-3200-2.
10. Zguova K., Decky M., Drekova D. Non-destructive determining CBR values of ground structures of engineering constructions // *Proceedings of the 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2012*. 2012. Vol. 4. P. 107–116.



Источник фото: pixabay.com
Photo source: pixabay.com

АЗОВСКОЕ МОРЕ ЗАБИРАЕТ ЗЕМЛИ, ЧЕРНОЕ – БЬЕТ ВОЛНАМИ: КАК ЗАЩИЩАТЬСЯ, СТРОИТЬ И ОТВОЕВЫВАТЬ СУШУ У МОРЯ

ЛЮДМИЛА ДЬЯЧЕНКО
Специальный корреспондент

АННОТАЦИЯ

Азовское море – самое континентальное и одно из самых маленьких и мелководных на планете. Некоторые жители окрестных регионов даже полноценным морем его не считают – мелкое! В древности его тоже не считали морем, а называли Меотийским болотом.

«Болоту» такое отношение не нравится, и оно доказывает человеку, как умеет, что оно – море. Когда-то сажало на мель и даже нещадно топило парусные суда и пароходы. А теперь оно грозит «съесть» сушу, стать больше на сотни гектаров в Ростовской области, Краснодарском крае и в новых российских регионах. Согласно прогнозам сотрудников Южного научного центра РАН (ЮНЦ РАН) случится это в ближайшие десятилетия. Какие-то сооружения придется перенести или неизбежно потерять, что-то еще можно сохранить, укрепив берега.

Представитель ЮНЦ РАН рассказал редакции журнала «Геоинфо» о причинах и прогнозируемых последствиях разрушения морских берегов. Инженер-изыскатель поведал о способах берегоукрепительной защиты на Черном и Азовском морях, а строитель объяснил, как надо строить в прибрежной зоне, чтобы объекты не «расползались».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Азовское море; Черное море; береговая зона; опасные береговые процессы; разрушение берегов; сваи; свайно-ростверковый фундамент; свайно-плитный фундамент; пляжи; бухты; берегоукрепление.

THE SEA OF AZOV TAKES LANDS, THE BLACK SEA BEATS WITH WAVES: HOW TO DEFEND, BUILD AND WIN BACK LANDS FROM THE SEAS

LYUDMILA D'YACHENKO
Special correspondent

ABSTRACT

The Sea of Azov is the most continental and one of the smallest and shallowest on our planet. Some residents of the surrounding regions do not even consider it a full-fledged sea as it is too shallow! In ancient times, it was also not considered a sea and was called the Meotian swamp.

The “swamp” does not like this attitude, and it proves to people, as it is able, that it is the sea. Formerly it stranded ships and even mercilessly sent sailing and steam ships to the bottom. And now it threatens to “eat” surrounding lands, to become more by hundreds of hectares in the Rostov region, Krasnodar Territory and new Russian regions. According to the forecasts of the staff of the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (SSC RAS), this will happen in the coming decades. Some structures will have to be moved or inevitably lost, something else can be saved at the expense of strengthening the coasts.

A representative of the SSC RAS told the editorial staff of the Geoinfo journal about the causes and predicted consequences of the destruction of sea coasts. An engineering surveyor report about the methods of protection of the Black Sea and Azov Sea coasts, and a builder explained how to build in the coastal zone so that building objects do not “spread”.

KEYWORDS:

Sea of Azov; Black Sea; coastal zone; dangerous coastal processes; coastal destruction; piles; pile raft foundation; beaches; bays; coast protection.

Большие наблюдения за маленьким морем ►

Человек начал осваивать берега Азовского моря еще в каменном веке, что подтверждено раскопками. Прошли столетия, и древние греки приплыли на территорию современной России, основали здесь свои поселения и крепости. О том, что им непросто было дружить с этим «болотом», рассказывают экскурсоводы археологического музея-заповедника «Танаис», расположенного между Ростовом-на-Дону и Таганрогом.

Одни из первых работ по изучению и картографированию берегов Азовского моря были организованы во времена Петра I, когда молодой император еще раздумывал, где разместить будущую новую столицу России – на севере или на юге. В последующие столетия информацию об азовских берегах пополняли военные и гражданские специалисты.

«Режимные наблюдения за состоянием и динамикой береговой зоны всего Азовского моря ведутся с начала 1960-х годов учеными геолого-географического факультета Ростовского государственного университета, ныне Института наук о Земле ЮФУ, и Южного научного центра

РАН, созданного в 2002 году», – рассказал старший научный сотрудник ЮНЦ РАН, кандидат географических наук Олег Хорошев.

С 1962 по 1965 год работами по систематическому изучению береговой зоны Азовского моря руководил заведующий кафедрой физической географии РГУ – один из ведущих советских ученых в области геоморфологии Мирового океана, доктор географических наук, профессор Дмитрий Панов. Позже исследования продолжили его известные ученики и последователи, среди которых доцент Вера Мамыкина, академик РАН Геннадий Матишов, профессор Людмила Беспалова и другие.

С 2018 по 2021 год при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований специалисты-береговики ЮНЦ РАН и ЮФУ под руководством доктора географических наук Сергея Бердникова изучали закономерности формирования опасных береговых процессов Азовского моря и социально-экономические последствия их проявлений. Эти ученые совершили более десятка полевых выездов и побывали в трех многодневных экспедициях, пути

которых пролегали по берегам Азовского моря и Керченского пролива в пределах Ростовской области, Краснодарского края и Республики Крым.

В марте 2023 года была организована первая совместная экспедиция ЮНЦ РАН и Госкомэкополитики при главе Донецкой народной республики.

«Мы обследовали отдельные участки азовского побережья в пределах ДНР. В восточной прикорневой части косы Кривой зафиксировали процессы активного абразионного разрушения берегов и заложили новую реперную точку для наблюдений за абразией», – пояснил Олег Хорошев.

Сильные ветры и интенсивная абразия ►

Опасные береговые процессы, среди которых преобладают абразионные и абразионно-оползневые, происходят на всей территории, примыкающей к Азовскому морю. Только в Ростовской области им подвержено более 85 километров берегов в пределах Таганрогского залива.

Берега водоема сложены рыхлыми осадочными малоустойчивыми породами. Они с легкостью размываются мо-

рем, что происходило на протяжении столетий. Разрушение усиливается в том числе из-за антропогенной и гидродинамической нагрузок. Нехватка пляжеобразующего материала и подъем уровня Азовского моря также вносят свою лепту. –

Еще одна причина – ветры с западной составляющей. Из-за них участились штормовые нагоны, а берега стали разрушаться интенсивней.

Увеличение скорости абразии ученые фиксируют с 2010 года. Наибольшие темпы пришлось на 2013–2014 годы. На некоторых участках Азовское море поглощало до шести метров за год и более.

«Расширение масштабов хозяйственного освоения прибрежных территорий, строительство плотин и водохранилищ на реках, впадающих в Азовское море, – эта и другая человеческая деятельность усиливает природные факторы», – считает О. Хорошев.

По приблизительным расчетам сотрудников ЮНЦ РАН и ЮФУ, в перспективе на 20 лет Азовское море может разрушить более 600 гектаров земель только в Краснодарском крае и Ростовской области. В кубанском регионе будут преимущественно потеряны ценные земли сельскохозяйственного назначения. В донском регионе больше пострадают земли населенных пунктов, хозяйственная и социальная инфраструктура, жилые кварталы. Например, в Неклиновском районе Ростовской области в зоне прогнозируемого абразионного разрушения находятся как минимум 24 объекта культурного наследия. Многие из них могут быть безвозвратно утеряны из-за наступающего моря.

Прогнозы и рекомендации ▶

По материалам экспедиций ученые составили картосхему, в каких местах и сколько суши будет потеряно. Только для Ростовской области, без учета побережья Таганрога и Миусского лимана, убытки могут составить 150 миллионов рублей, и это только кадастровая оценка. Она будет многократно выше, если перевести ее в рыночные цены и прибавить непрямой экономический ущерб. При этом 95% материального урона придется на жилые дома и инфраструктуру в населенных пунктах.

«Повлиять на абразионные и абразионно-оползневые процессы в отдельных случаях возможно, хотя это и весьма затратно», – отметил Олег Хорошев. – Остановить разрушение берегов на от-

дельных участках, к примеру, может возведение берегозащитных сооружений, в частности в пределах ряда прибрежных населенных пунктов».

Другие рекомендации ученых: пресекать незаконную добычу песчано-ракушечного материала у оснований абразионных склонов, запрещать строительство капитальных сооружений без соответствующих берегоукрепительных мероприятий. Необходимо также ограничить распашку полей вблизи обрывов. Отдельные инфраструктурные объекты, подверженные в ближайшей перспективе разрушению, целесообразно перенести на другое место.

Некоторые участки, где сейчас живут люди, невозможно спасти. Они рано или поздно все равно будут разрушены морем. В данном случае может быть рекомендовано переселение граждан, чьи дома находятся в опасной близости к подвижным высоким обрывам. «При этом хочется отметить, что процесс этот должен носить добровольный и справедливый характер», – подытожил Олег Хорошев.

Особенности строительства ▶

Инженерные компании, которые занимаются защитой берегов и сооружений, имеют, как правило, широкую географию работ и могут сравнивать особенности процессов.

«Проблемы на побережье Азовского моря сходны с трудностями равнинной части Крыма. Что же касается возвышенных берегов Черного моря, то в Краснодарском крае они более укреплены, чем на Крымском полуострове», – сообщил директор ООО «Инжзащита» Константин Самаркин из Сочи.

«Активные оползневые процессы происходят постоянно и бывают пиковыми несколько раз в год. В Краснодарском крае они усиливаются сейсмическими явлениями», – добавил директор компании «Дом мечты» Андрей Голубев из Краснодара. По его словам, распознать опасные участки можно еще дедовским способом. Если заборы стоят криво, деревья изогнуты, значит, земля там уже «ползет». Ответственные современные строители не приступают к работе, если не имеют материалов инженерно-геологических изысканий. Безответственные – демпингуют и экономят на изысканиях, за что и расплачивается потом хозяин «расползающегося» дома.

Основной метод строительства в сейсмически активной оползневой зоне – сваи. В зависимости от ситуации возникает конкуренция приоритетов –

забивные или буровые сваи. Забивные – надежнее, буровые – дешевле.

Длина сваи колеблется от 3–5 до 10–15 метров – она должна упираться в коренной грунт. В Новороссийске сваи короче, потому что там тяжелые грунты и даже алмазное бурение идет с большим трудом. В Сочи – мягкий песчаник, поэтому востребованы более длинные сваи.

Нижняя часть такой сваи расширена, размер зависит от диаметра и несущей способности. Она может быть одна, их может быть несколько (свайный куст) или много (свайное поле). Популярный в прибрежной зоне тип фундамента – свайно-ростверковый или свайно-плитный. Вся конструкция закоривается в коренной породе и способна выдерживать подъем воды или движение грунта.

«В Китае уже неоднократно доказывалось, что свайный фундамент – самый надежный при сейсмических явлениях», – подчеркнул Андрей Голубев.

Устойчивости объектов способствуют также современные монолитно-каркасные технологии. «Лет десять назад они не были распространены – и потому дома, построенные иначе, трескаются. Сейчас индивидуальным застройщикам предлагается монолит в каркасе, который будет стоять сто лет, как классически и полагается дому», – добавил Голубев.

Особенности укрепления берегов ▶

Директор ООО «Инжзащита» К. Самаркин уверен, что «для наших берегов ничего нового не нужно». Способы сдерживания моря классические – галечный или песчаный пляж в сочетании с другими гидротехническими мерами. Пляж в данном контексте – не место для отдыха, а инженерное сооружение, устроенное конкретно для каждого типа берега.

Если пляж не выполняет своего назначения, его заменяют защитным сооружением из камня, но чаще используется пляж. «Основная задача – создание и удержание достаточной ширины пляжа», – подчеркнул Самаркин.

С его точки зрения, специалисты знают все эти методы, но зависят от финансовых возможностей заказчика. Из-за ограниченности ресурсов берегоукрепительные мероприятия проводятся не комплексно, а частями, по мере выделения средств. Например, компания «Инжзащита» привлекалась для локальных работ в курортных зонах Сочи и Крыма.

В марте этого года в Сочи проводилась конференция «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений». На ней отмечалось, что природа не только разрушает, но и демонстрирует людям способы защиты. Нет такого способа защиты, который не был бы изобретен природой раньше, чем человеком. Пляжи – из этой серии.

Участники конференции рассказывали о старых и новых методах защиты прибрежной зоны. К новым относятся, например, бухтовые аккумулятивные формы, аналоги природных закрытых и открытых бухт. Они популярны за рубежом.

Ученые придерживаются позиции, что все инженерные мероприятия должны оказывать минимальное влияние на естественные природные процессы. Если же берегоукрепительные сооружения

не справляются с этой задачей, от них нужно отказываться.

Новостная повестка ▶

Жители прибрежных регионов задумываются о наступлении моря на сушу, только если это грозит их имуществу, связано с их работой или если появляется какая-то новость в СМИ.

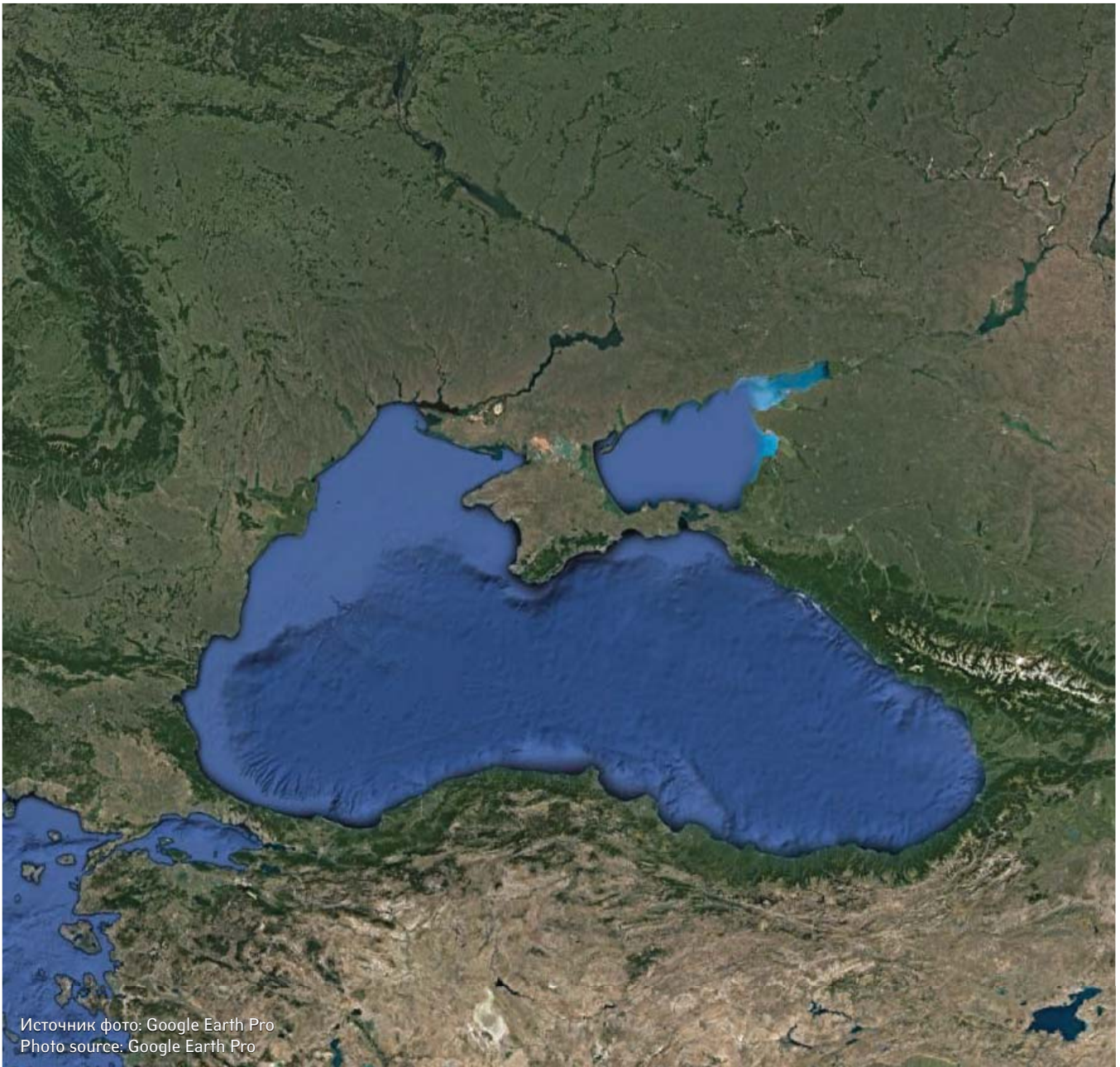
Весной прошлого года общественный интерес был прикован к опубликованным материалам ученых. В этом году массовое обсуждение вызвал спор коммерческих организаций за право заниматься берегоукрепительными работами по бюджетному контракту. Краснодарцы выиграли тендер, ростовчане не согласились и подали жалобу. Федеральная антимонопольная служба отреагировала, временно приостановив

процесс подписания документов между заказчиками и исполнителями.

Каждый раз, когда на новостных сайтах появляется информация, за ней следуют дискуссии в интернете. Одни комментаторы соглашаются, что причин активизации опасных береговых процессов много и вина человека тут небольшая.

Другие граждане, заинтересованные в сиюминутных коммерческих результатах, придерживаются иной информационной позиции. Когда им предъявляют факты, они уходят в пространные рассуждения о потеплении климата. Считают, что надо жить здесь и сейчас, а о том, что будет завтра, лучше завтра и подумать.

Но природа наступает неуклонно, день за днем забирая свое у человека. **и**



Источник фото: Google Earth Pro
Photo source: Google Earth Pro



РЕГУЛЯТОРНАЯ ГИЛЬОТИНА: ЧЕМ ОБЕРНУЛОСЬ ДЛЯ БИЗНЕСА СНИЖЕНИЕ АДМИНИСТРАТИВНОЙ НАГРУЗКИ

ЛЮДМИЛА ДЬЯЧЕНКО
Специальный корреспондент

АННОТАЦИЯ

В нынешнем году Минэкономразвития РФ планирует пересмотреть еще 800 нормативных правовых актов, которые дублируют друг друга или содержат избыточные требования к бизнесу.

Соответствующие мероприятия проводятся в рамках так называемой регуляторной гильотины. Помимо сокращения объема документов она подразумевает уменьшение проверок, цифровизацию услуг.

Мораторий на большинство плановых проверок бизнеса с этого года продлен до 2030 года. Они остались только на объектах чрезвычайно высокого и высокого риска причинения вреда. Внеплановые проверки могут быть инициированы на основании индикаторов риска, но на практике бывают редко.

Также в этом году правительство РФ планирует завершить цифровизацию лицензионно-разрешительной деятельности. На портале госуслуг появится 180 новых видов разрешительных документов.

Эксперты, опрошенные редакцией журнала «ГеоИнфо», дали неоднозначную оценку этой надзорно-регуляторной реформе. Они считают, что плюсы есть, но и минусов достаточно. Из-за снижения контроля стало сложнее отстаивать свои интересы и защищаться от недобросовестных участников рынка.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

надзорно-регуляторная реформа; регуляторная гильотина; плановые проверки бизнеса; уменьшение проверок; цифровизация услуг; лицензионно-разрешительная деятельность; разрешительные документы.

REGULATORY GUILLOTINE: HOW HAVE THE REDUCTION IN ADMINISTRATIVE BURDEN TURNED OUT FOR BUSINESS

LYUDMILA D'YACHENKO
Special correspondent

ABSTRACT

This year, the Ministry of Economic Development of the Russian Federation plans to revise 800 else regulatory legal acts that duplicate each other or contain excessive requirements for business.

The relevant measures are carried out within the framework of the so-called regulatory guillotine. In addition to reducing the volume of documents, it implies reducing inspections and digitalizing services.

The moratorium on most scheduled business inspections has been extended from this year until 2030. They have remained only at objects of extremely high and high risk of harm. Unscheduled ones can be initiated on the basis of risk indicators, but they take place seldom in practice.

Also this year, the Government of the Russian Federation plans to complete the digitalization of licensing-permitting activities. 180 new types of authorization documents will appear on the public services portal.

Experts interviewed by the editorial staff of the "GeoInfo" journal gave an ambiguous assessment of this supervisory-regulatory reform. They believe that there are pluses, but there are enough minuses. Due to the decrease in control, it has become more difficult to defend one's interests and defend oneself from unscrupulous market participants.

KEYWORDS:

supervisory-regulatory reform; regulatory guillotine; scheduled business inspections; reduction of inspections; digitalization of services; licensing-permitting activities; authorization documents.

Почему хотели как лучше и разочаровались ►

Массовое обсуждение так называемой регуляторной гильотины пришлось на 2019 год, когда готовился к принятию федеральный закон «Об обязательных требованиях в РФ». Он вступил в силу 1 января 2020 года и запустил пересмотр и отмену излишних документов, которые негативно влияют на деловую среду, мешают работе, дублируют друг друга.

Масштабная приостановка проверок впервые имела место в 2020 году, в начале пандемии. Тогда предприниматели узнали, что бизнес может спокойно работать и его не будут кошмарить.

«Метод "регуляторной гильотины" не нов. В Сербии, Хорватии, Мексике, Вьетнаме, Кении и других странах кампании по массовому пересмотру обязательных требований привели к сокращению зарегулированности на 12–54%», – напомнил управляющий партнер ООО «Консалтинговая компания "2Б Диалог"» Борис Богоутдинов.

В каждой стране – своя «гильотина». Процедуры различаются по скорости,

объему работы, потребности, результативности.

С 2019 года в России были признаны утратившими силу 12 тысяч правовых актов, а взамен было принято 447 новых. В их числе не обязательно «плохие документы». Например, декрет Совета народных комиссаров 1917 года «О восьмичасовом рабочем дне», безусловно, правильный, но данная норма закреплена в других законах, в Трудовом кодексе, поэтому логичнее признать этот декрет неактуальным.

«Существенная часть подпавших под упразднение документов не прошла процедуру упразднения. В "белом списке" – более 1200 документов», – уточнил Богоутдинов.

Сейчас обсуждение «гильотины» уже не ведется с таким энтузиазмом, как было в 2019 году. «Затея правильная, но, как часто у нас бывает, в том объеме, в каком она должна была реализоваться, она не реализовалась», – объяснил основатель компании «Датум Групп» Сергей Замиховский из Ростова-на-Дону.

«Не почувствовали изменений, если честно», – сказал генеральный директор

компании «Искра» Игорь Машин из Владивостока. «Одна зарегулированность отменяется, ей на смену приходит другая», – сказали другие собеседники.

Что улучшилось или не изменилось ►

В судебной практике руководителя юридической компании «Агентство правовой и бухгалтерской помощи» Марии Головиной немало разбирательств, которые усложняются и затягиваются из-за избытка или нехватки правовых документов. «Если честно, кроме уменьшения проверок со стороны ведомственных органов, других изменений не произошло. В законодательстве особо ничего не изменили, просто снизили контроль, что само собой облегчило жизнь бизнесу», – сообщила она.

Ранее контрольные органы легко инициировали проверку – достаточно было ведомственного нормативного правового акта. Количество проверочных мероприятий было огромно, с ними соседствовали коррупция, вмешательство в работу предприятия. «Сейчас процедура усложнилась, требуется согласование с

прокуратурой. В большинстве случаев приходит отказ, поэтому ведомственные органы ограничиваются камеральными, бесконтактными, проверками», – считает Мария Головина.

Взять, к примеру, пожарный надзор. Раньше контрольные органы могли остановить деятельность бизнеса, если он не соответствовал требованиям. «Невозможно соблюсти все нормы противопожарной безопасности, и не существует противопожарного аудита. С введением моратория на проверки количество пожаров не увеличилось, штрафы уменьшились. Освободившиеся денежные суммы идут в прибыль бизнеса», – добавила Мария Головина.

Иногда предприниматели путают необходимые процедуры с избыточными. Например, директор ООО «Центр земельных исследований – ТРИРЕМИС» Евгений Клименко из Краснодара рассказал, что необходимость археологических изысканий перед освоением земельного участка порой воспринимается клиентами как препятствие. Хотя бывает, что ответа из госструктур приходится долго ждать.

«Никогда не приходилось сталкиваться с избыточными проверками. Требования могут восприниматься как избыточная бюрократия, если предприниматель привык к определенной свободе взаимоотношений и столкнулся с документооборотом, необходимым для цивилизованного ведения бизнеса», – констатировал независимый эксперт Денис Коробкин из Москвы, являющийся специалистом по подземным сооружениям.

Что отменили зря ►

Эксперты указали и на минусы «регуляторной гильотины». Уменьшение проверок бизнеса со стороны Федеральной службы судебных приставов отрицательно сказалось на бизнесе, уверена Мария Головина. «Теперь никто не следит за погашением задолженности юридическими лицами. Предпринимателям-кредиторам приходится самим возвращать свои деньги», – уточнила она.

Другой пример – уменьшение экологических проверок. Для бизнеса это облегчение работы, но здесь же кроются и возможные негативные последствия для населения, если предприниматель нарушает природоохранное законодательство.

По мнению Сергея Замиховского, мораторий на проверки вряд ли массово сделает предпринимателей добросовестными, а вот если бы наказывали нарушителей на крупные суммы, а не на

5–10 тысяч рублей, то это имело бы больший эффект.

К примеру, в США была громкая история, когда женщина отсудила у компании два миллиона долларов, потому что на стакане не было написано, что напиток горячий. Все возмущались – мол, подумаешь, палец обожгла. А тут смысл в том, чтобы дисциплинировать поставщиков товаров и услуг.

«Потребитель – слабая сторона, и до суда доходят единицы. Если бы возник прецедент, компании стали бы наводить порядок в своих процессах. Они бы понимали, что даже одно нарушение будет стоить серьезных денег», – поделился своим мнением Замиховский.

«Отмена ряда проверок даже вредна, потому что угрожает безопасности зданий и сооружений и, соответственно, людям, которые в них живут или работают», – считает Денис Коробкин.

Например, уже не требуется согласовывать новое строительство с эксплуатирующими организациями. Зачастую только эксплуатирующая организация знает, как расположены объекты в подземных сооружениях, каково их техническое состояние. Отмена согласования – потенциальная авария, и виновата будет эксплуатирующая организация. В итоге руководители этих предприятий вынуждены искать выход и система взаимоотношений в бизнесе еще больше запутывается.

Что еще надо бы отменить ►

Однако несоответствие результатов с ожиданиями, уверены эксперты, – не повод, чтобы сворачивать «регуляторную гильотину». Напротив, надо двигаться дальше.

Сергей Замиховский перечислил несколько ситуаций, которые надо бы пересмотреть.

Когда коммерческая организация берет на работу бывшего сотрудника госорганизации (хоть министра, хоть уборщицу), в соответствии с антикоррупционным законодательством она обязана уведомить этот госорган. Несколько лет назад на компанию «Датум Групп» был наложен штраф в размере 120 тысяч рублей за то, что взяли программиста из такой бюджетной структуры и не уведомили ее.

Следующая излишняя норма – предрейсовые медосмотры для водителей (конечно, если речь не идет о перевозке пассажиров). Если сотрудник ездит по рабочим делам на своей машине, у него нет такой обязанности. Пересел на служебную – будь добр, явись на осмотр.

Но люди научились «вписываться» в ненужные требования: приносят медстре пачку путевых листов и она представляет отметки.

Еще пример – валютный контроль. Часть требований осталась с советских времен и проблематична для исполнения – например, репатриация выручки, паспорта контракта, дорогие и сложные механизмы валютных платежей.

ИТ-компаниям сложно подготовить паспорт контракта, потому что бывает, что неизвестна его полная стоимость. Объем продаж в зарубежных интернет-магазинах или магазинах приложений непредсказуем, и еще у них нет такого понятия, как акты выполненных работ.

«Некоторые ИТ-компании были вынуждены создавать отдельные структуры по работе с иностранными клиентами и размещать их в других странах, что никак не пополняет наш бюджет», – сказал Сергей Замиховский.

Что даст цифровизация ►

Мероприятия по оцифровке госуслуг проводятся и сами по себе, и как часть регуляторной гильотины. Здесь свои парадоксы, например срок, в течение которого госорганизации должны ответить на запросы граждан и юристов, много лет уже все тот же – 30 дней.

«Когда-то он был, наверное, оправданным, потому что надо было запрашивать документы, идти в архив, перебирать бумаги и это занимало много времени, – отметил С. Замиховский. – Сейчас, когда все госорганы перешли на электронный документооборот, появились цифровые архивы, базы данных и 30 дней – немислимый срок для подготовки ответа». По мнению этого эксперта, можно вполне безболезненно уменьшить данный период до 14–15 дней, тем более что такая практика существует. Столько времени, например, готовится ответ на запрос депутата.

Сейчас автор обращения может прождать ответа месяц и узнать, что вопрос непонятен или не относится к компетенции данного ведомства. Если переписка продолжается, заявитель снова месяц ждет ответа.

«Плюсы электронных услуг – удобство. Можно собрать все материалы в своем офисе за компьютером. Минусы – «зависание» сервера, подделка электронной цифровой подписи. Появились умельцы, способные копировать, взламывать подпись», – продолжила Мария Головина.

Денис Коробкин добавил, что цифровизация мало касается собственника биз-

неса, потому что экспертизой, проверками, согласованиями занимаются наемные сотрудники. Они никуда не денутся, и не имеет значения, ведется переписка на бумаге или по электронной почте.

«Вдобавок многое, если не все (запрос архивной документации, прохождение экспертизы, получение разрешений на строительство и т. д.), решается благодаря личным контактам. Есть некая формальная сторона вопроса и есть личные взаимоотношения, которые определяют решение вопроса», – добавил Коробкин.

Что будет после завершения «гильотины» ▶

Некоторые предприниматели считают, что «регуляторная гильотина» затеяна не ради них, а ради облегчения работы чиновников. Им надоело давать разъяснения и отвечать на письма бизнес-ассоциаций. К слову, часть общей «гильотины» – «гильотина» пояснений к правовым актам.

Идет поиск новых отношений бизнеса и власти. Минэкономразвития РФ рекомендует организовывать профилактические визиты, то есть предприниматель вправе сам пригласить к себе контролеров.

Реакция деловых сообществ неоднозначна. Одни эксперты опасаются, как бы профилактические визиты не стали платными и обязательными для бизнеса. Другие были бы не против. Сейчас предпри-

нимателей проверяют 60 госструктур. Было бы удобнее, если бы они пришли все сразу и выполнили свою работу.

Есть еще предложения страховать бизнес от нарушений при проверках и тестировании предприятий. Не исключено, что кто-то увидит здесь для себя нишу для нового, антипроверочного, бизнеса.

Почему нужен критический подход ▶

Напоследок вот о чем подумалось. А точно нужна нам «регуляторная гильотина»? В том виде, в каком она есть? В нынешнем варианте это, как в шутке: «Лучшее средство от головной боли – топор».

Данный вид оптимизации правовых документов был скопирован из западной практики, как и многое-многое другое, без критического переосмысления и пересажен на российскую почву. Подходит ли она ему или нет, не важно, ибо еще со старта перестройки 1985 года нам стало навязываться черно-белое мышление, где черное – все, что связано с нашей страной, и белое – все связанное с зарубежьем.

Складывается впечатление, что реформа свелась к количественному сокращению документов, особенно советского происхождения. Ради количества стали уничтожаться и нужные постсоветские документы.

Место сокращенных и все-таки нужных документов волей-неволей занимают новые, потому что они нужны. В итоге количество остается прежним. Тем не менее у чиновников, ответственных за «гильотину», остается пространство для красивых отчетов в цифрах – мол, вот сколько мы сократили! Количество новых документов в этом контексте не звучит.

Оптимизация, безусловно, нужна, но не в виде «гильотины», а в виде того, о чем рассказывали наши эксперты. Бизнес заинтересован в отмене ненужных проверок, требований, в уменьшении сроков ожидания ответов из госструктур. Может быть, в этом направлении нужно следовать реформаторам, лечить, вкладываться в профилактику правового здоровья, а не рубить?

Критическое отношение ко всей западной практике стало актуальным после событий февраля 2022 года. Сейчас многое пересматривается. Возможно, до пересмотра «регуляторной гильотины» еще руки не дошли.

На смену бессмысленному копированию зарубежных практик, безусловно, должен прийти критический анализ и адаптация лучшего опыта, а не копирование. И, конечно же, следует создавать, ценить и пропагандировать собственный опыт, и он – лучшая «таблетка от головной боли». **h**



Telegram-канал журнала

Независимый электронный журнал
ГеоИнфо

- Новости
- Статьи
- Обсуждения

<https://t.me/geoinfonews>



Источник фото: pixabay.com
Photo source: pixabay.com

СПЕЦТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ: ПОЧЕМУ БИЗНЕС ВКЛАДЫВАЕТСЯ В ПРОИЗВОДСТВО И НЕ ВПИСЫВАЕТСЯ В ПРОГРАММЫ ПОДДЕРЖКИ

ЛЮДМИЛА ДЬЯЧЕНКО
Специальный корреспондент

АННОТАЦИЯ

В апреле Институтом экономической политики им. Е.Т. Гайдара был организован опрос о готовности инвесторов расширять производственные мощности. И она оказалась самой высокой за последние 11 лет. Аналитики объясняют полученные результаты курсом на импортозамещение, повышением уровня экономической определенности, нежеланием уступать место китайским конкурентам и необходимостью менять хозяйственные связи.

Но все же у каждого предприятия своя история. Опрошенные изданием «ГеоИнфо» признались, что порой не имеет значения, откуда продукция, -- важнее ее характеристики.

Иногда приходится отказываться от импортной спецтехники и оборудования, если не гарантировано сервисное обслуживание. Бывает, что импорту нет альтернативы, а если есть, то ее качество на порядок ниже.

Малый бизнес охотно бы вкладывался в свое производство, если бы меры государственной поддержки были такими же, как и для крупных компаний.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

спецтехника; оборудование; материалы; динамика спроса и предложения; антисанкционный опыт; импортозамещение; российские производители; параллельный импорт; альтернативные поставщики

SPECIAL MACHINERY AND EQUIPMENT: WHY THE BUSINESS INVESTS IN PRODUCTION AND DOES NOT FIT INTO SUPPORT PROGRAMS

LYUDMILA D'YACHENKO
Special correspondent

ABSTRACT

In April, the Gaidar Institute for Economic Policy organized a survey on the willingness of investors to expand production capacity. And their willingness turned out to be the highest in the last 11 years. Analysts explain the obtained results by the course of import substitution, the increase in the level of economic certainty, the unwillingness to give way to Chinese competitors, and the need to change economic ties

However, each company has its own history. The persons interviewed by the editorial staff of the "Geoinfo" journal think that sometimes it does not matter where the product comes from, its characteristics is more important.

Sometimes one have to refuse imported special machinery and equipment if the necessary service maintenance is not guaranteed. It happens that there is no alternative to import, and if it there is, its quality is an order of magnitude lower.

Small businesses would be willing to invest in their production if the government support measures were the same as for large companies.

KEYWORDS:

special machinery; equipment; materials; demand and supply dynamics; anti-sanctions experience; import substitution; Russian manufacturers; parallel import; alternative suppliers

Кого санкции не коснулись и почему ►

Институт экономической политики им. Е.Т. Гайдара проводит ежемесячные опросы и прогнозы с 1995 года. Выводы делаются по совокупности показателей, таких как загруженность производственных площадей, выпуск продукции, спрос, потребность в кадрах, инвестиции в основной капитал.

Индекс настроений респондентов постоянно меняется. В феврале не наблюдалось оптимизма, хотя отмечалось и отсутствие инвестиционного пессимизма. Спустя два месяца произошел резкий рывок. Количество инвесторов, готовых действовать, сейчас гораздо больше, чем чего-то ожидающих.

Возможно, что многие ждали годовщину украинских событий. Стартовал второй год, назад дороги нет, вот и приходится вписываться в предложенные обстоятельства. Если опять чего-то выжидать, можно остаться далеко позади.

За полтора года санкций компании накопили антисанкционный опыт. Они знают теперь, что делать. И именно так стоит воспринимать ответ на вопрос, коснулись ли вас санкции: «Нет, нас они не коснулись». То есть мы что-то сделали в ответ.

«Мы только начинаем сталкиваться с некоторыми трудностями, которые в целом, безусловно, решаемы», – констатировал генеральный директор компании «Искра» Игорь Машин из Владивостока. Он привел следующий пример. Если раньше заливали в спецтехнику зарубежные технические жидкости, то на данный момент их либо нет в продаже, либо стоимость увеличилась в разы. Решение, конечно же, есть. Перешли на отечественные спецжидкости, но они худшего качества.

«Из специализированной техники, например, ранее мы приобретали японские б/у компрессоры Airman. На данный момент ввоз данного оборудования запрещен. В качестве альтернативы рассматриваем русские компрессоры. Однако нужно понимать, что при одинаковых заявленных характеристиках японская техника более надежна и работает лучше российской», – подчеркнул Игорь Машин.

Отказ от собственной техники – тоже вариант. Кто и раньше ее арендовал, теперь убедился, что иного и не надо. «Экскаваторы, грузовики, запчасти – меня все это не волнует, я нанимаю исполнителей», – сказал директор компании «Инжзащита» Константин Самаркин из Сочи.

«Что касается сбыта, то мы даже выиграли, так как основные наши конкуренты – англичане, американцы – ушли с российского рынка», – добавил генеральный директор ООО НПП «Геотек» Илья Идрисов.

Как китайское конкурирует с российским ►

Эксперты «Авито Авто» проанализировали по просьбе редакции журнала «ГеоИнфо» динамику спроса и предложения на импортную и отечественную спецтехнику. Они сообщили, что место ушедших западных компаний заняли китайские.

Несомненные козыри машин из КНР – низкие цены и широкий модельный ряд. В прошлом году объявления о продаже грузовиков с пробегом китайского бренда Shacman составили 35% от общего числа предложений на данном сайте, годом ранее – 22%.

Аналогична динамика и по другим брендам. Спецтехника Iveco-Hongyan упоминается в 15% объявлений – в четыре раза чаще, чем год назад.

Сейчас предложений о продаже техники Howo – 6%, годом ранее их было 4%. Китайский бренд FAW присутствует в 3% объявлений, а в 2021 году он был в 2%.

Спрос на китайские машины также вырос: 21% посетителей сайта искали грузовики Shacman, 10% – FAW, еще 9% хотели купить спецтехнику Howo, примерно по 4% пользователей искали на «Авито» продукцию Sitrak и JAC.

Интерес к отечественным машинам также высок и обусловлен тем, что они разработаны с учетом особенностей наших дорог и климатических условий, что положительно сказывается на эксплуатации. Грузовики имеют простую конструкцию, в них меньше электроники, что упрощает обслуживание и ремонт.

Самым востребованным в прошлом году традиционно был КамАЗ – 32% спроса. В числе популярных – также ГАЗ и «Урал»: их хотели приобрести соответственно 5 и 2% покупателей.

Вклад в формирование новых хозяйственных связей вносят и производители, и потребители.

«Некоторые аналоги сейчас ищем в Азии, например компрессоры, буровые коронки и прочее», – сказал Игорь Машин.

«Российские производители сами переходят на выпуск востребованной продукции. Среди них много молодых амбициозных ребят, поскольку это для них реальный стимул. Конечно, нередко нам предлагают копии зарубежных продуктов, но копии как минимум с улучшенными характеристиками», – поделился своими наблюдениями независимый эксперт Дмитрий Конюхов из Москвы.

В выборе техники и материалов приходится думать и о том, как окупить затраты. Цены на услуги поднимать нельзя, иначе можно проиграть конкурентам, как уточнил директор компании «Дом мечты» Андрей Голубев из Краснодара.

«На сегодняшний день китайская буровая техника представлена в следующих сегментах: строительство (сооружение свай диаметром до 2000 мм), геологоразведка на твердые полезные ископаемые, бурение нефтяных и газовых скважин. В таких сегментах, как инженерные изыскания, гидрогеология и бурение на воду, китайские производители буровой техники не представлены. Существует конкуренция только между российскими производителями бурового оборудования», – рассказали в отделе маркетинга завода буровой техники «Геомаш».

Когда импорт имеет и не имеет значения ▶

Не все импортное можно заменить на российское. Не весь импорт можно доставить в РФ.

Для производства техники и материалов требуется промышленное оборудование, для выпуска этого оборудования – комплектующие, которые делаются на ограниченном количестве предприятий в нескольких странах. Такая схема мирового разделения труда существовала до февраля прошлого года.

Дмитрий Конюхов привел такой пример. В нашей стране никогда не производились щитовые тоннелепроходческие комплексы с пригрузом забоя. И в советское время, и после было дешевле закупить импортный щит, чем произвести свой. «Проблемы с запчастями и расходными материалами решаются, но новые щиты пока производить не можем, хотя определенные проработки в этом отношении ведем», – сказал Конюхов.

Следующий пример. При устранении протечек и водопроявлений в подземном сооружении необходимо подобрать материал и технологию, которая позволит решить задачу. Выбор зависит от места протечки, состояния конструкции, водопритока, геологии и других причин.

Есть широкая линейка отечественных гидроизоляционных материалов, которая закрывает большинство типовых проблем. Проблема не с материалами, а с логистикой. Если раньше, при работе с крупными зарубежными производителями, можно было на следующий день получить хоть килограмм, хоть десяток тонн материала при параллельном оформлении договорных отношений, то начинающий отечественный производитель должен произвести продукцию в необходимом объеме и ожидание сильно затягивается. «У него нет, как в крупных компаниях, организованной системы поставок, больших складских запасов. Он не может оперативно реагировать за запрос конкретного потребителя», – объяснил Конюхов.

Генеральный директор и основатель компании SNDGroup Ольга Квашенкина из Санкт-Петербурга считает, что назрела потребность в единой полноценной электронной базе, необходимой для производства оборудования в России.

Многие виды электронных компонентов либо вообще не выпускаются в РФ, либо пока производятся в недостаточном объеме. Часть комплектующих выпускают только в Европе, Японии и США. Это санкционный товар – он тяжело доставляется в Россию, так как напрямую его не продают.

«Три четверти международных поставок оборвались из-за геополитической ситуации. Чтобы и дальше развиваться в сложившихся условиях, нужны большие капитальные вливания в производство и в развитие технологического процесса. Отрасль электроники капиталоемкая, требует больших вложений, чем, например, IT», – прокомментировала Ольга Квашенкина.

Почему малый бизнес не вписывается в госпрограммы ▶

По мнению экспертов из «Авито Авто», покупатели начнут чаще выбирать отечественную спецтехнику и оборудование, если будет больше соответствующих государственных программ.

Программы господдержки есть. Почему же желающие в них не участвуют?

Как рассказал Игорь Машин, в прошлом году им удалось взять льготный кредит на покупку буровой техники. Однако воспользоваться им можно лишь один раз, а сумма ограничена пятью миллионами рублей. «В основном покупаем за счет собственных средств. Иногда используем лизинг или кредит и стараемся как можно быстрее их погасить. Если бы была возможность приобретать русскую технику в лизинг или кредит по льготным условиям, было бы здорово», – добавил он.

С точки зрения Ольги Квашенкиной, у нас в стране пока действуют старые меры поддержки, в частности в радиоэлектронной отрасли. Они ориентированы на бизнес с оборотом более полу-миллиарда рублей, а за бортом осталось огромное количество предприятий с более низким оборотом. «Раньше мы не сильно от этого страдали, потому что у нас были выстроены операционные цепочки по всему миру. Сейчас, с одной стороны, государство хочет, чтобы мы разворачивали и развивали свои технологии. С другой, показатели эффективности, которые требуются для участия в программах господдержки, для нас невыполнимы», – сказала она.

Положительные изменения в правовом пространстве в пользу малого и среднего бизнеса все же происходят. «Как руководитель компании я прикладываю для этого все силы, занимаюсь общественной работой, участвую во многих объединениях, в том числе в «Опоре России», чтобы помочь в кооперации государства и бизнеса. Малый и средний бизнес нужен для поднятия экономики страны, и я надеюсь, что все трудности постепенно решатся», – добавила Ольга Квашенкина.

Какова перспектива импортозамещения ▶

Аналитики Центробанка считают, в 2023 году продолжится расширение собственного производства. Останутся некоторые сложности, например, с замещением импортных высокотехнологичных микроэлектронных компонентов и оборудования.

Издание «Форбс Россия» рассчитало инвестиционную перспективу, используя различные экономические модели. По одной из версий, официальный прогноз Минэкономразвития о росте инвестиций на 0,5% в текущем году выглядит заниженным и учитывает скорее всего внешние риски.

Если же взять соотношение притока капитала и ВВП, то при росте ВВП в 2023 году на 1,2% инвестиции вырастут на 2%. Этот вариант рассматривается как самый оптимистичный.

География инвестиций в развитие отечественного производства разная. Если в западных регионах России в прошлом году наблюдался сильный спад из-за разрыва с Европой, то на Дальнем Востоке зафиксирован рост на 10%, на Урале – на 8% за счет машиностроения.

Если подключится Сибирь и начнет развивать инновации, то инвестиционный

спад будет преодолен, улучшения станут устойчивым трендом. Соответственно, все сегодняшние проблемы предпринимателей с поиском запчастей и материалов постепенно останутся в воспоминаниях как временные трудности.

Год назад прогнозы были другие. Предсказывался обвал инвестиций, сопоставимый с девяностыми годами. Как пишет РБК со ссылкой на консалтинговую компанию Oxford Economics, несбывшийся прошлогодний прогноз был переименован в одной из работ в «главный сюрприз».

И вот еще одна из последних новостей. Впервые с 2014 года российская экономика вошла в десятку экономик мира, по версии Всемирного банка. Рейтинг рассчитывается каждый квартал и каждый год на основе статистических данных. По итогам 2022 года Россия произвела товаров и услуг на сумму 2,3 триллиона долларов, что позволило ей занять в рейтинге восьмое место.

Как уменьшить влияние катаклизмов ▶

Каждое предприятие может построить собственную перспективу и тем самым максимально снизить

свою зависимость от глобальных событий.

«Вопрос с поставщиками решается сейчас двумя путями: с использованием механизма параллельного импорта, и, если он невозможен, как при некоторых поставках комплектующих из Европы и Японии, то с помощью поиска альтернативных поставщиков в Китае», – рассказал генеральный директор ООО НПП «Геотек» Илья Идрисов. Например, на заводах бурового оборудования «Геомаш» и ОЗБТ им. В.В. Воровского сначала были созданы буферные запасы необходимых европейских комплектующих. В течение 2022 года эти предприятия перешли на закупку аналогичных комплектующих турецкого и китайского производства и закрыли проблему.

«Стараемся при поиске альтернативы работать с поставщиками с наилучшим качеством продукции. При переориентации выросли сроки поставки по некоторым позициям и цена соответственно, но этот процесс шел весь последний год. Критичной ситуации сейчас нет, обстановку по снабжению комплектующими я считаю рабочей», – подвел черту Идрисов. 📄

Независимый электронный журнал ГеоИнфо

С 2022 года журнал «ГеоИнфо»
выходит в формате *PDF.
10 выпусков в год.



WWW.GEOINFO.RU