

Приоритетные направления развития геологии нефти и газа в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова

*А.В. Ступакова, Н.Н. Еремин, Г.А. Калмыков, Р.С. Сауткин, А.А. Сулова, Е.А. Краснова,
М.Е. Воронин, А.П. Завьялова, М.А. Большакова, А.Г. Калмыков, М.Ю. Карпушин,
А.П. Антонов, А.В. Корзун*

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

Направления деятельности Института перспективных исследований нефти и газа и кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова разрабатываются в соответствии с современными стратегическими задачами научно-технологического развития нефтегазовой отрасли. Создание наиболее подходящих концепций формирования и размещения скоплений нефти и газа остается прерогативой исследований в Московском государственном университете. Применение геологии в настоящее время расширяется и для решения других задач, связанных с цифровыми технологиями в нефтегазовой отрасли, рациональным и экологически чистым использованием недр, попутным извлечением других видов ценных полезных ископаемых. Для повышения эффективности бурения ведется поиск новых технологических решений анализа и интерпретации фактических данных, их комплексирования и проверки достоверности полученных результатов. Объектами исследования служат сложнопостроенные, часто обводненные залежи и высокоуглеродистые формации старых нефтегазоносных бассейнов, новые нефтегазоносные регионы Арктического шельфа и северных территорий. Все собранные в ходе исследований данные требуют специальной обработки, хранения и цифровых алгоритмов их анализа. Результаты многолетней работы по сбору, анализу и комплексированию всех геологических данных по нефтегазоносным бассейнам территории РФ позволили коллективу Института перспективных исследований нефти и газа создать отечественные программные продукты, которые автоматизируют процесс познания геологической среды и прогноза ее полезных ископаемых. Преподаватели геологического факультета и сотрудники Института перспективных исследований нефти и газа развивают новые технологии в рамках инновационных проектов и договорных работ, на примере которых готовят кадры, непосредственно вовлеченные в производственную деятельность. Свой опыт специалисты МГУ имени М.В. Ломоносова распространяют на другие вузы и учебные заведения, где ведется подготовка кадров по схожей специальности.

Введение

Большая часть приоритетных направлений развития экономики страны напрямую связана с развитием геологии, как науки о строении Земли и закономерностях образования и размещения полезных ископаемых в ее недрах. Высокоэффективная энергетика зависит от эффективности поиска и освоения месторождений полезных ископаемых, в том числе нефти и газа. Задачи поиска и разведки горючих ископаемых, газа, нефти и угля, являются частью Программы развития Московского государственного университета. Следуя вызовам времени, геологи Московского университета решают целый комплекс задач нефтегазового сектора экономики, где геология определяет стратегию развития отрасли. О некоторых из них мы поделимся в этой статье.

В настоящее время поисково-разведочные работы ведутся в регионах с разной степенью изученности недр. В старых нефтегазоносных бассейнах мониторинг состояния месторождений нефти и газа указывает на необходимость понимания механизмов формирования отдельных залежей и правильного выбора технологических

методов их освоения (рис. 1). В новых регионах требуется достоверная модель строения нефтегазоносного бассейна и всех его составляющих, отвечающих за процесс формирования месторождения. В обоих случаях изучение особенностей распределения залежей нефти и газа геологами Московского университета начинается с фундаментальных основ и отработки базовых критериев нефтегазоносности региона для выбора методов ведения геолого-разведочных работ (рис. 2). Разработка базовых критериев, указывающих на нефтегазоносность региона, зоны нефтегазонакопления или отдельной структуры, является неотъемлемой частью процесса поисково-разведочных работ. Четкое соответствие последовательности всех действий по поиску и разведке месторождений нефти и газа разработанным ранее критериям позволяет исследователю и производственнику достичь желаемого результата.

В районах с доказанной нефтегазоносностью и высокой степенью изученности привычная всем антиклинальная теория поиска нефти и газа в настоящее время не работает в той мере, в которой она работала раньше.

Эта теория уже дала свои положительные результаты и привела к открытию крупных скоплений углеводородов. Для поиска новых залежей нефти и газа в районах с высокой степенью изученности необходимо разрабатывать новую теоретическую концепцию, которая отражает весь процесс перемещения углеводородов от места их зарождения до последующего накопления. В регионах недостаточно изученных геофизическими методами и бурением, как например в акваториальных бассейнах, напротив, применение концепции размещения залежей в крупных антиклинальных структурах может принести высокие результаты.

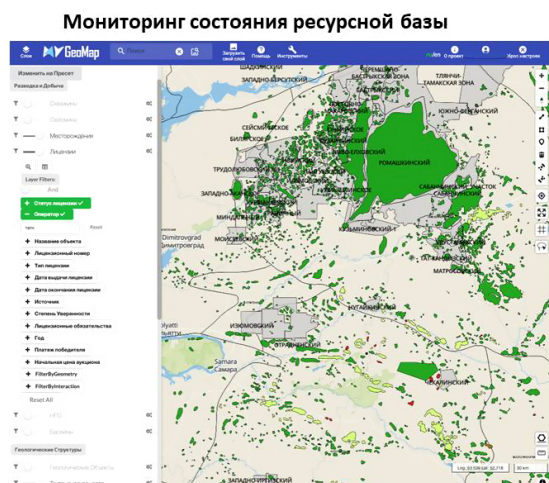
Разработка наиболее подходящих концепций формирования и размещения скоплений нефти и газа остается прерогативой исследований геологии нефти и газа в Московском государственном университете. Применение геологии в настоящее время расширяется

и для решения других задач, связанных с цифровыми технологиями в нефтегазовой отрасли, рациональным и экологически чистым использованием недр, попутным извлечением других видов ценных полезных ископаемых. Все эти вопросы также требуют фундаментального подхода и четких критериев их решения.

1. Поиск и освоение месторождений углеводородов для высокоэффективной энергетики, в том числе освоение Арктики

1.1. Повышение эффективности бурения скважин на открытых месторождениях углеводородов в низкопроницаемых, недонасыщенных коллекторах

Для повышения эффективности бурения скважин на открытых месторождениях нефти и газа необходимо использовать новые технологии не только бурения скважин,



- Изученность геолого-геофизическим данными привязана к локальным структурам в пределах ЛУ.
- Региональные работы в основном завершились в 70-х-80-х годах прошлого века

Базовые критерии нефтегазоносности – основа прогноза



Рис. 1. Фундаментальные основы для выбора новых технологий в старых нефтегазоносных районах



Рис. 2. Разработка геологических критериев прогноза нефтегазоносности региона, основанная на фундаментальных знаниях геологии нефти и газа

но и технологии прогноза гидродинамических процессов формирования и размещения залежей углеводородов. Задачи комплексного подхода к прогнозу местоположения залежи требуют новых технологических решений анализа и интерпретации фактических данных, их комплексирования и проверки достоверности полученных результатов. Если разные методы выявляют схожие закономерности строения и формирования залежи, то повышается вероятность достоверности сделанных выводов. Процесс комплексирования данных, сложный и последовательно-циркуляционный, где определенные алгоритмы построения модели требуют калибровки всех ее входных параметров, верификации и экспертной оценки результатов. В науке поиска и разведки месторождений нефти и газа таких параметров много и они совершенствуются вместе с развитием лабораторно-аналитической базы.

1.2. Освоение трудноизвлекаемых запасов в «старых» нефтегазоносных районах

Одной из ключевых проблем освоения залежей в регионах с высокой степенью изученности является обводненность залежей и отсутствие прямой связи распределения залежей углеводородов с современным структурным планом. В таких регионах начинают осваивать глубокие горизонты и трудноизвлекаемые запасы (ТРИЗ) в высокоуглеродистых сланцевых толщах. Специалистами Института перспективных исследований нефти и газа оценены ресурсы и рентабельные запасы в высокоуглеродистых отложениях доманиковой свиты в Волго-Уральском и Тимано-Печорском регионах, баженовской свиты в Западной Сибири, хадумской свите в Предкавказье и конамской свиты в Восточной Сибири. Для каждого типа высокоуглеродистых отложений разработана методология сбора и анализа данных, проведена оценка участков и их ранжирование для успешных поисково-разведочных работ и технологий их освоения (рис. 3).

При освоении высокоуглеродистых отложений одна из проблем связана с понятийной базой трудноизвлекаемых запасов углеводородов и интервалов разреза их содержащих. Специалисты Института перспективных исследований нефти и газа МГУ, базируясь на фундаментальных

знаниях, взаимодействуют как с государственными учреждениями, так и с недропользователями, помогая найти общее понимание в подходах к освоению трудноизвлекаемых запасов углеводородов, построенному на налоговых вычетах, льготах и предпочтениях. Без четкого геологического определения горизонтов, содержащих ТРИЗ, освоение их происходить не может.

1.3. Исследование Арктики

В новых геологических районах, которыми являются акватории арктического шельфа, север Восточной Сибири и Дальний Восток, экономическая эффективность геолого-разведочных работ может быть достигнута только в дальней перспективе. Несмотря на долгосрочность программы, проводить поисково-разведочные работы в Арктике необходимо сегодня, так как геологические задачи в этих районах тесно связаны со стратегическими задачами государства по обоснованию внешних границ Российской Федерации, развитию транспортного пути, инфраструктуры и многих других жизненно важных вопросов общества.

В 20-х годах современного столетия начался новый виток освоения Арктики, где лидирующую роль вместе с государственными структурами стала играть компания ПАО «НК «Роснефть». Впервые в истории арктических исследований ПАО «НК «Роснефть» провела полномасштабное бурение малоглубинных стратиграфических скважин в арктических морях. Скважины были пробурены на севере Карского моря, в море Лаптевых, в Восточно-Сибирском море, в Чукотском море, на хребте Ломоносова в акватории Северного Ледовитого океана. Полученный ценный каменный материал служит прямым источником геологической информации, необходимой не только для оценки перспектив нефтегазоносности, но для обоснования внешних границ Российской Федерации на шельфе Арктики. Каменный материал хранится и обрабатывается в стенах МГУ имени М.В. Ломоносова, в компании «Иннопрактика», где коллектив специалистов Института перспективных исследований нефти и газа проводит полный спектр аналитических работ по стратиграфическому бурению на шельфе Арктики.

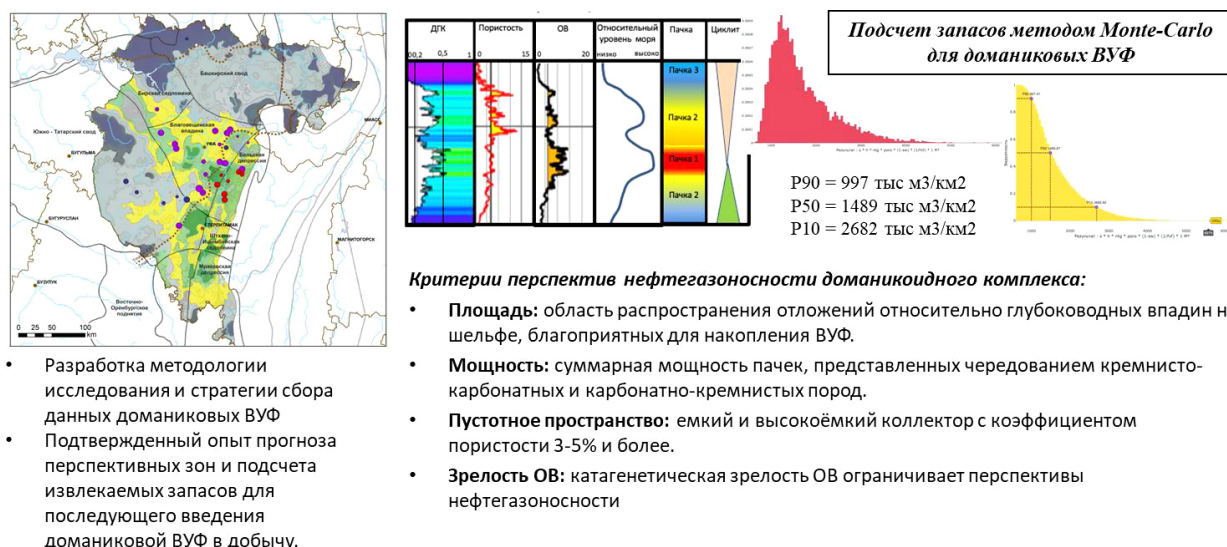


Рис. 3. Трудноизвлекаемые запасы высокоуглеродистых доманиковых отложений: выбор продуктивного интервала разреза, подсчет запасов, взаимодействие государства, науки и недропользователей

Всего обработано более 2-х километров керна породы, полученной из более чем 20 скважин, пробуренных ПАО «НК «Роснефть» в Арктике. Разработаны технологии, в том числе цифровые, по обоснованию возраста слагающих Арктику отложений. Созданы модели по всем морям Арктики. Отработана скважина Де-Лонга на хребте Ломоносова. Все результаты бурения были использованы ПАО «НК «Роснефть» и государством для наращивания ресурсной базы и обоснования внешних границ Российской Федерации на шельфе Арктики (рис. 4).

2. Цифровизация геологических данных, их хранение и обработка информации

Цифровизация геологических данных, их хранение и обработка геологической информации являются важными задачами, обеспечивающими независимые цифровые технологии и их быстрое внедрение в производство. Результаты многолетней работы по сбору, анализу и комплексированию всех геологических данных по нефтегазовым бассейнам территории РФ позволили коллективу Института перспективных исследований нефти и газа создать отечественные программные продукты, которые автоматизируют процесс познания геологической среды и прогноза ее полезных ископаемых.

2.1. Геологическая 3D модель разреза Земли в пределах территории РФ

Модель строения и истории развития разреза Земли на всю территорию РФ создана впервые. При разработке 3D геологической модели собран в единую систему геологический материал по всем регионам Российской Федерации. Впервые унифицированы и увязаны между собой карты, разрезы и элементы углеводородных систем по всем осадочным комплексам и для всей территории РФ. Результаты работ имеют большую практическую ценность, и большая часть из них получена впервые. Описание технологии создания 3D-геологической модели

на большую территорию издано и проиллюстрировано в Атласе «Палеобассейны. История развития осадочных бассейнов и их нефтегазоносность» (рис. 5).

В Атласе представлены унифицированные цифровые геологические модели по разным возрастам верхнепротерозойской и фанерозойской эонотем на всю территорию РФ, и восстановлена история развития комплексов отложений в хроностратиграфической последовательности от рифейских и вендских до меловых и кайнозойских. Межрегиональные построения позволили проследить тенденции в развитии территорий и древних комплексов, не затронутых поисково-разведочными работами на нефть и газ и выявить механизмы формирования их нефтегазоносности.

2.2. Создание отечественного ПО для моделирования геологических процессов

При создании 3D-геологической модели строения территории РФ возникла необходимость перевести из «ручного» в «цифровой» формат все последовательные элементы ее реализации и автоматизировать процесс прогноза нефтегазоносности отечественными программными продуктами. На сегодняшний день существующие программные продукты для бассейнового моделирования требуют адаптации к региону и загрузки большого количества данных, не увязанных в единую региональную информационно-аналитическую систему. Это приводит к тому, что при расчете моделей на наиболее распространенных зарубежных программных продуктах и загрузке большого количества не увязанных между собой данных, формируются различные системные ошибки. Для качественной увязки локальных данных в единую систему коллектив Института перспективных исследований нефти и газа создает программное обеспечение, состоящее из отдельных модулей, решающих пошагово задачу регионального геологического моделирования и прогноз фазового состава формирующихся углеводородов.

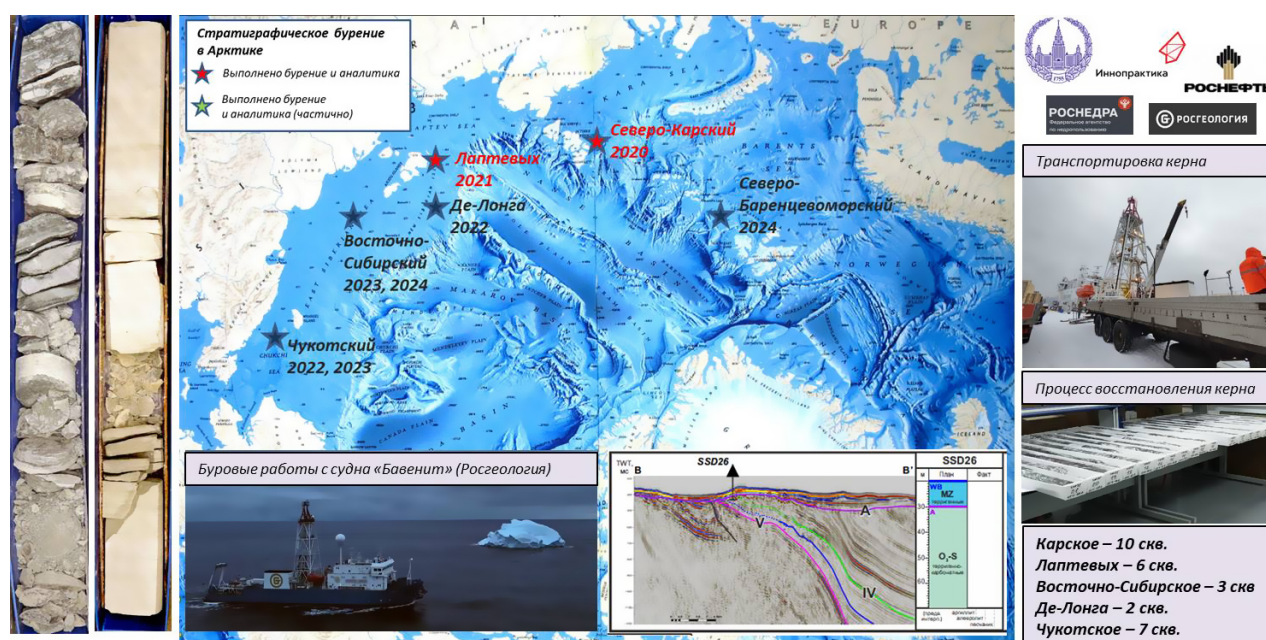


Рис. 4. Стратиграфическое бурение – новый этап изучения Арктики (пример активного взаимодействия науки, государства и бизнеса)

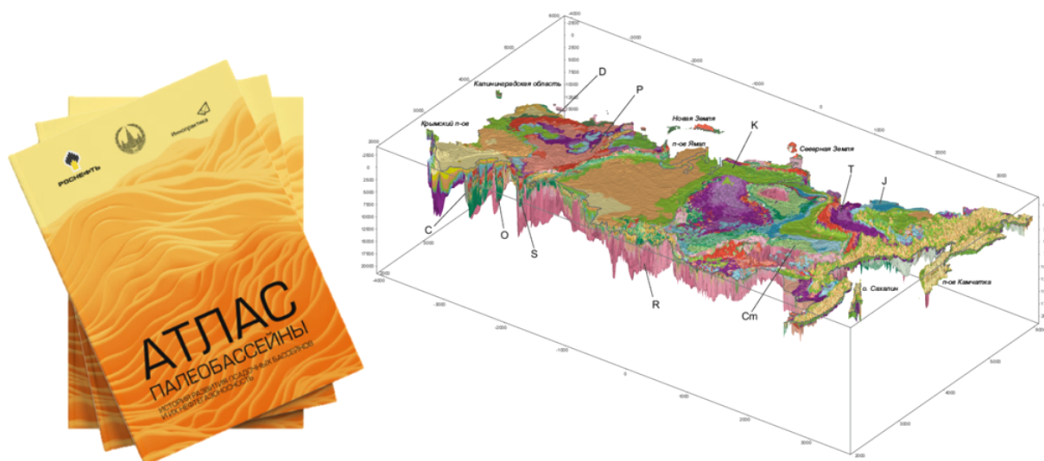


Рис. 5. Цифровая модель геологического строения территории РФ и Атлас «Палеобассейны. История развития осадочных бассейнов и их нефтегазоносность», иллюстрирующий технологию создания модели

2.3. Цифровой каталог методов ГРП и их рациональное комплексирование для решения конкретной задачи поиска и разведки месторождений нефти и газа

Для рационального выбора методов поиска и разведки месторождений нефти и газа создан каталог всех методов, существующих на сегодняшний момент и применяемых на практике поисково-разведочных работ. Каталог методов позволяет системно подойти к выбору методов и технологий для освоения месторождений нефти и газа. В настоящее время существует большое разнообразие методов геологоразведочных работ на нефть и газ, общее число которых в авторском каталоге составляет более 500. Для рационального выбора комплекса методов для каждого отдельного метода оценены его информативность, достоверность и ограничения в конкретных геологических условиях. Методы ранжированы по направлениям и решаемым задачам геолого-разведочных работ. Так, в каталоге выделяются методы геофизического, геологического, геохимического, гидрогеологического и инженерно-промышленного направлений. Каждый из методов также ранжируется по параметрам, сгруппированным в блоки

для их целевого использования (рис. 6). Как правило, отдельно взятый метод направлен на решение одной группы задач, но он также может косвенно решать задачи второй группы. При повышении степени изученности объекта увеличивается доля задач, связанных с детальной характеристикой базовых критериев нефтегазоносности. Результаты всех методов сопоставляются между собой и уточняются на разных этапах геологоразведочных работ. Часто информация, полученная в ходе реализации метода на более поздних стадиях геолого-разведочных работ, используется для уточнения моделей, построенных на ранних этапах изучения региона.

2.4. Информационно-аналитическая система MyGeoMap

Примером отечественной информационно-аналитической системы является цифровая платформа MyGeoMap, предназначенная для оперативного получения информации об объектах нефтегазового сектора экономики не только РФ, но и по всем регионам мира. В настоящее время цифровая платформа MyGeoMap является единственным продуктом на российском рынке, который



Рис. 6. Каталог методов поиска углеводородов и рациональное их комплексирование по информативности и задачам на разных стадиях геолого-разведочных работ от поиска до разработки месторождений нефти и газа

может быть конкурентно способным таким зарубежным аналогам, как IHS, WoodMackenzie, Rystad Energy и C&C reservoirs. Кроме того, создание отечественных программных продуктов для решения конкретных геологических задач необходимо отечественному геологу, нефтянику, разработчику месторождений, экономисту, так как позволяет не только сэкономить время на реализацию поисково-разведочных работ, но и позволяет избежать системной ошибки при выполнении последовательности действий (рис. 7).

3. Безуглеродная энергетика. Хранение и захоронение CO₂

В век низкоуглеродной энергетики государство должно быть готово к тем вызовам, которые могут возникнуть в любой момент в связи с требованиями сократить выбросы парниковых газов и утилизировать углекислый газ в природных объектах. Знания геологической среды и условий ее формирования позволяют специалистам Института перспективных исследований нефти и газа проводить мониторинг техногенной генерации углекислого газа и подбирать природные объекты для его размещения с возможностью извлечения при необходимости для нужд экономики.

3.1. Мониторинг техногенной генерации углекислого газа и мирового опыта по его хранению и захоронению

Одной из задач последнего времени является захоронение или долгосрочное размещение углекислого газа, который выбрасывается в атмосферу в результате человеческой деятельности. Вместе с развитием промышленности количество выделяемого углекислого газа стремительно увеличивается, и он остается в атмосфере в течение длительного времени. Текущие суммарные мировые объемы выбросов углекислого газа постоянно растут и на сегодняшний день по разным оценкам составляют более 32 млрд тонн. При этом на долю стран-лидеров – Китая, США, Индии, России и Японии – приходится около 60 % общемировой эмиссии углекислого газа. В России значительные выбросы углекислого газа в первую очередь связаны с предприятиями нефтегазодобывающей и нефтегазоперерабатывающей промышленности и энергетики.

Кроме того, высокая доля выбросов относится к агропромышленному комплексу, металлургии и другим видам промышленной деятельности (рис. 8).

Существуют различные варианты размещения CO₂ в природных геологических объектах, под которыми понимается естественная геологическая система, способная удерживать углекислый газ в стабильном состоянии достаточно длительное время. Особенности хранения и захоронения углекислого газа зависят от типа природного объекта, его свойств и фазового состава закачиваемого углекислого газа. В настоящее время в мире для размещения углекислого газа в природных объектах используют истощенные коллекторы месторождений нефти и газа, водоносные горизонты, магматические породы, главным образом, базальты, угольные пласты и многолетнемерзлые породы (рис. 9).

3.2. Технология выбора природного объекта для хранения и захоронения углекислого газа

Хранение углекислого газа подразумевает техническую возможность его извлечения обратно из природного резервуара при необходимости. Некоторые резервуары, такие как магматические базальтовые породы, угольные пласты, поглощают углекислый газ без возможности отдавать его обратно. В таком случае, газ утилизируется и захороняется безвозвратно. Другие резервуары, например, истощенные залежи углеводородов, соляные пласты, водоносные горизонты, способны удерживать углекислый газ в стабильном состоянии длительное время, а потом отдавать его при необходимости использования. Специалистами Института перспективных исследований были разработаны базовые критерии идентификации пригодности природного объекта для закачки углекислого газа и количественные и качественные параметры, характеризующие положение объекта, его емкость и сохранность. В результате, в каждом регионе РФ были определены природные объекты, способные вмещать в себя углекислый газ и сохранять его длительное время (рис. 10). Специалистами института предложены последовательные методические алгоритмы по детальному изучению оценки влияния углекислого газа на литофизические свойства резервуаров и их флюидоупров.

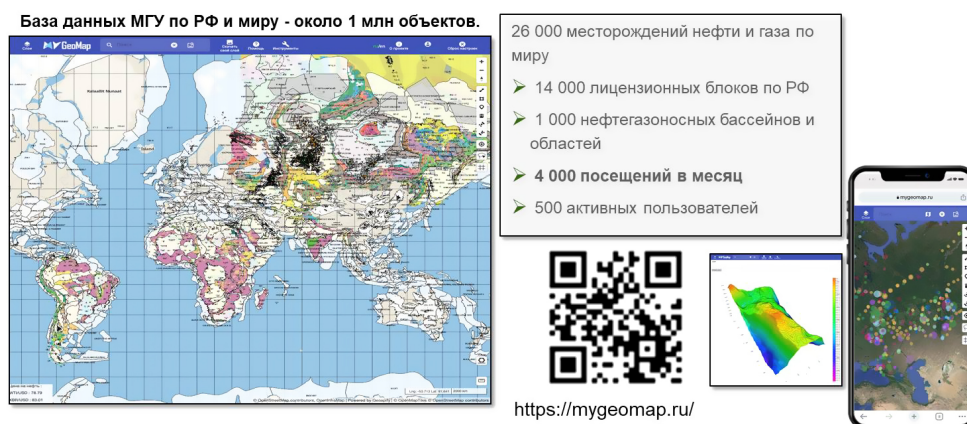
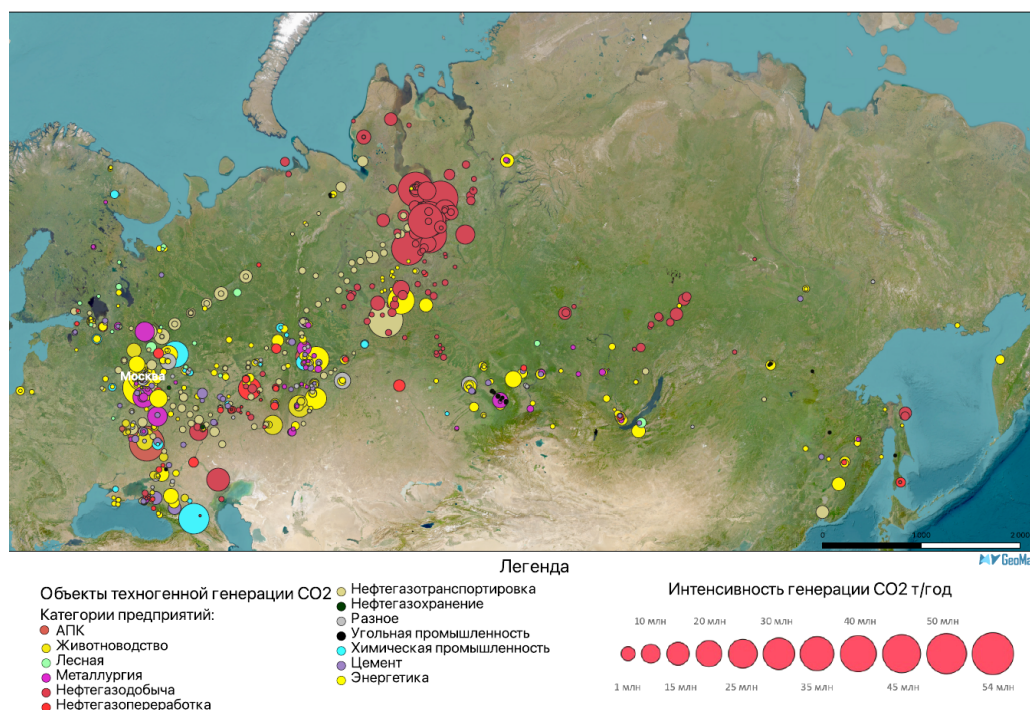
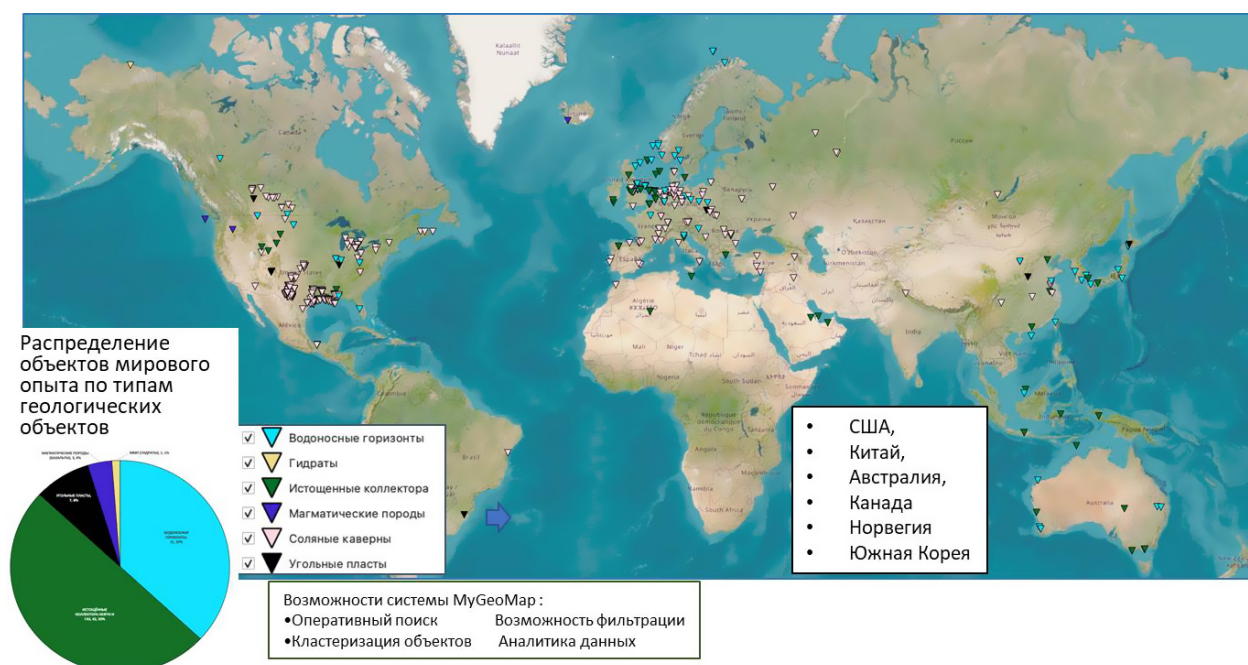


Рис. 7. MyGeoMap.ru – отечественная экспертная информационно-аналитическая оценка объектов по РФ и миру, заменившая импортные платформы IHS и WoodMac

Рис. 8. Карта техногенной генерации CO₂ на территории РФРис. 9. Существующие проекты размещения и хранения CO₂. Распределение по типам геологических объектов

4. Рациональное использование природных ресурсов. Гидроминеральное сырье

Для рационального использования природных ресурсов геолог должен максимально полно получать все виды полезного сырья из тех видов полезных ископаемых, которые он добывает. К такому виду сырья, например, относятся промышленные воды, которые содержат значительное количество лития, урана, ванадия и других редких элементов, обладающих уникальными свойствами. В Институте перспективных исследований нефти и газа

разрабатываются технологии оценки запасов и добычи этих элементов из промышленных вод. Технологии основаны на геологических, геохимических, геофизических и инженерно-геологических методах. Например, метод изотопного анализа рассолов используется для определения состава промышленных вод и их источников. Инженерно-геологические методы используются для селективного извлечения металлов из этих вод. Основной проблемой геолого-геохимической науки является отработка параметров, которые влияют на селективное извлечение микро- и макро-компонентов из природных рассолов (рис. 11).

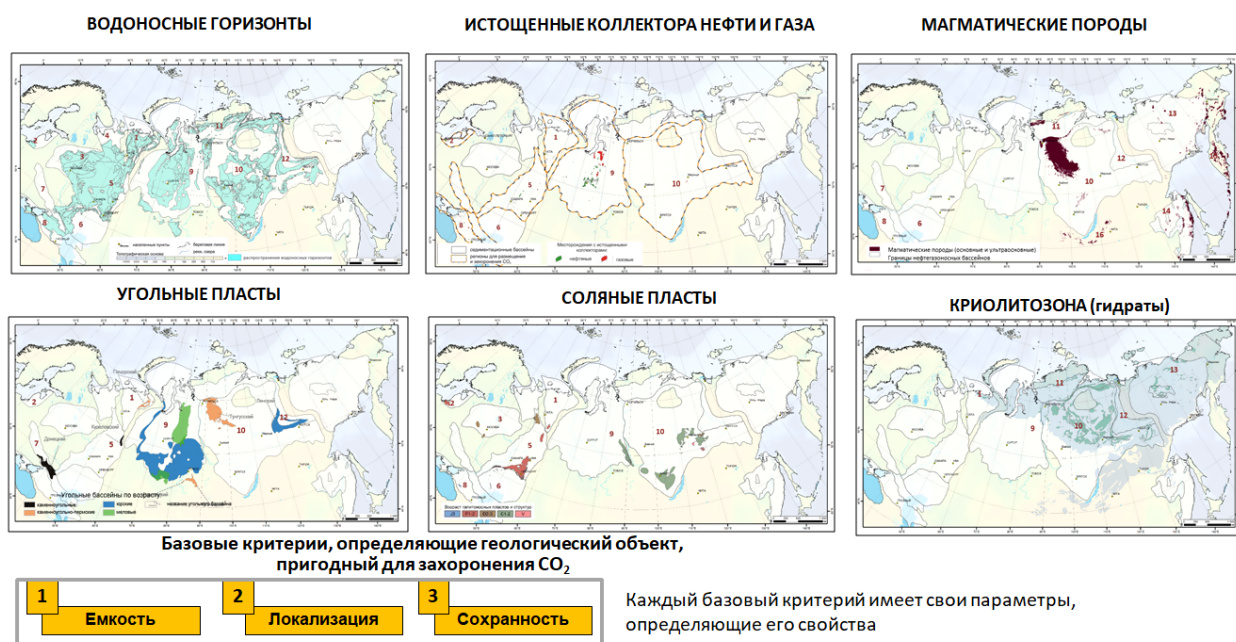


Рис. 10. Геологическая база данных – основа для выбора объектов стабильного размещения и хранения углекислого газа

Гидроминеральное сырье. Современное состояние прогноза и оценки запасов редких элементов.

- Неполный список определяемых компонентов.
- Устаревшие кондиционные концентрации химических элементов, обоснованные около 70 лет назад.
- Отсутствие установленных критериев для гидрогеохимического мониторинга недр.

Обводнение. Причины и следствия. Задачи.

- Повышение ГВК и прорыв воды
- Определение и прогнозирование источников обводнения. Обоснование путей миграции флюида
- Условия формирования свободной элизионной воды
- Отработка методики опробования пластовых вод и их интерпретация
- Оценка влияния состава и минерализации воды на петрофизическую модель

Гидрогеологический мониторинг с начала освоения месторождения. Прогноз обводнения добывающих скважин

Типизация вод по изотопам $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{D}$ и выявление процессов преобразования вод (вода-порода-газ)

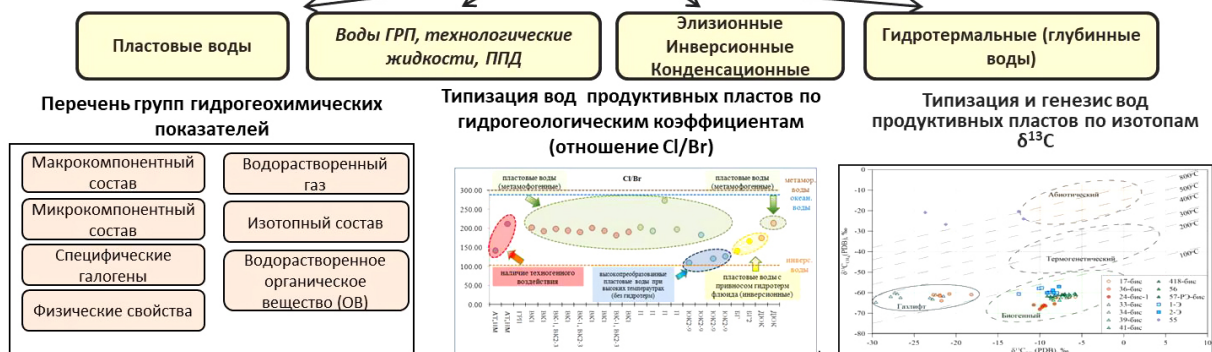


Рис.11. Гидроминеральное сырье и роль пластовых вод в формировании структуры месторождения

5. Повышение уровня образования и эффективная подготовка кадров

Геологическая наука, как и многие другие сферы экономики, нуждается в повышении уровня образования и эффективной подготовки кадров для производства. Преподаватели и сотрудники Института перспективных исследований нефти и газа развивают новые технологии в рамках инновационных проектов и договорных работ, на примере которых готовят кадры, непосредственно вовлеченные в производственную деятельность. Свой опыт специалисты МГУ имени М.В.Ломоносова распространяют на другие вузы и учебные заведения, где ведется подготовка кадров по схожей специальности. Создаются междисциплинарные научно-образовательные консорциумы в рамках проекта «Вернадский», которые включают в себя ведущие университеты, региональные

вузы, средние профессиональные учреждения, школы, научно-исследовательские институты. Совместная работа учебно-научных организаций разного уровня укрепляет единство общероссийского образовательного пространства, формируя центры подготовки квалифицированных кадров с учетом требований цифровой экономики и задач регионального развития. Научные школы подготовки кадров мирового уровня создаются благодаря активной работе преподавателей, аспирантов и студентов Московского университета в региональных вузах (рис. 12).

5.1. Научно-образовательный центр ПАО «НК «Роснефть» по цифровым технологиям в нефтегазовой отрасли

Преподаватели и сотрудники геологического факультета и Института перспективных исследований готовят



В рамках Международной летней школы Студенческих Научных Обществ (СНО) студентка кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых Коканова А.С. и аспирантка Жиренко Д.О. провели мастер-классы, посвященные внедрению научно-исследовательских методик в образовательный процесс и специализированный мастер-класс по геологии нефти и газа.



Рис. 12. Участие студентов, аспирантов и преподавателей в международной летней школе Студенческих Научных Обществ в г. Красноярск

геологов-нефтяников со знанием математики и физики на базе научно-образовательного центра по цифровым технологиям (НОЦ ЦТ) в нефтегазовой отрасли, созданным в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова совместно с компанией ПАО «НК «Роснефть». НОЦ ЦТ создан на базе кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета МГУ 6 мая 2020 года с целью развития научной междисциплинарной школы подготовки кадров мирового уровня в области цифровых технологий в нефтегазовой отрасли. Междисциплинарный коллектив НОЦ ЦТ состоит из сотрудников геологического и механико-математического факультетов МГУ, Института механики МГУ и сотрудников ведущих нефтегазовых компаний.

Деятельность НОЦ ЦТ включает образовательную, научно-исследовательскую и инновационную деятельность. Образовательная деятельность по магистерской программе «Цифровизация в сфере геологии горючих ископаемых» ведется с 01 октября 2020 года. Ежегодно осуществляется набор в магистратуру, открыты учебные программы, как для студентов геологического факультета (интегрированная магистратура), так и для студентов всех факультетов МГУ и других вузов (междисциплинарная (малая) магистратура) (рис. 13).

Вся научно-образовательная деятельность МГУ имени М.В. Ломоносова направлена на решение приоритетных научно-технологических задач, создания научных школ и подготовки высокопрофессиональных кадров, уровень образования которых способен объединить фундаментальную науку и производство для эффективного развития экономики.

6. Рациональное изучение разномасштабного кернового материала. Лабораторная база для решения приоритетных задач

Рациональное изучение разномасштабного кернового материала необходимо для оперативного получения результатов и интерпретации комплекса геофизических исследований скважин (ГИС) и данных

геолого-технологических исследований (ГТИ) непосредственно на скважине, особенно в случае, когда отбор керна минимален или вовсе не предусмотрен проектными документами. В сложных геологических условиях необходимо применение новых технологических решений, которые способны заменить традиционные технологии. При этом, получаемый материал должен легко вписываться в общую структуру данных для единой его аналитики, быть качественным и понятным геологам-геофизикам как при оперативной обработке, так и при дальнейшем использовании для подсчета запасов и построения постоянно действующих моделей.

На геологическом факультете, по направлениям работы «Института перспективных исследований нефти и газа» разрабатывается технология «Цифровой шлам», которая позволяет изучать породу без полномасштабного отбора керна в процессе бурения скважин. Из обломков измельченной породы, образующейся во время бурения скважин, моделируют строение разреза, определяют свойства породы, структуру ее пустотного пространства и минерального состава. Модель строения разреза, построенная по буровому шламу, позволяет повысить достоверность результатов бурения и экономическую эффективность определения геолого-геофизических параметров с последующей их верификацией с данными, полученными по керну.

На геологическом факультете по направлениям работы Института перспективных исследований нефти и газа и кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых создана лабораторно-аналитическая база, используемая для решения задач нефтегазовой геологии. Лабораторная база включает оборудование для исследования керна различного масштаба, от полноразмерного до шлама и пластового флюида. Лабораторная база направлена на последовательное изучение свойств и параметров базовых критериев природного резервуара (НГМТ, породы коллекторы, флюидоупоры, ловушки) и процессов работы УВ систем (генерация, миграция, аккумуляция и постаккумуляционные процессы) (рис. 14). Лабораторное оборудование позволяет комплексно решать задачи по изучению природного резервуара. В институте собрано

НОЦ Цифровые технологии МГУ имени М.В. Ломоносова Третий выпуск геологов цифровиков на геологическом факультете

Создание научной школы для подготовки кадров мирового уровня в области цифровых технологий в нефтегазовой отрасли

- Единственный научно-образовательный центр в РФ по подготовке кадров **геологов-программистов**. Все выпускники востребованы
- Создана **междисциплинарная научная школа**, решающая задачи нефтегазового бизнеса в области цифровых технологий
- В НОЦ разрабатываются алгоритмы и программные продукты для автоматизации и оптимизации актуальных производственных задач

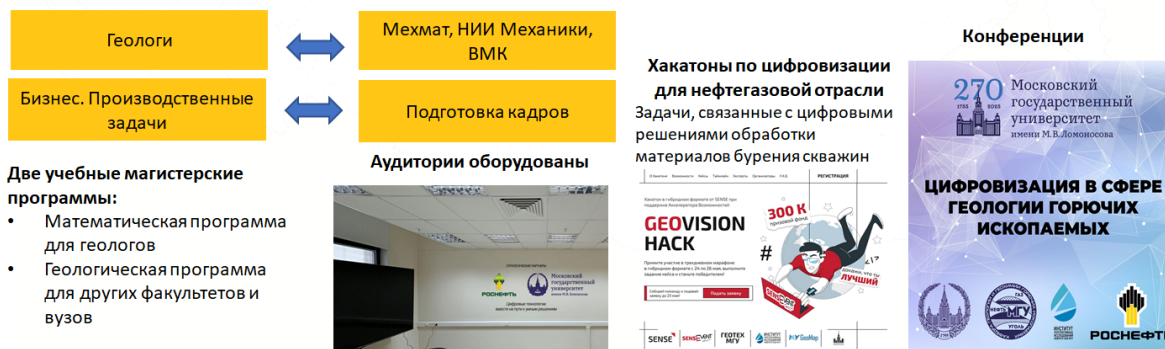


Рис. 13. Задачи и структура НОЦ Цифровые технологии, созданного МГУ имени М.В. Ломоносова совместно с ПАО «НК «Роснефть»

Рациональное комплексирование Лабораторно аналитических методов Для повышения эффективности бурения

- В институте выстроена последовательная цепочка изучения кернового материала от макро до нано уровня.
- Приоритетно-аналитическая база позволяет определить важнейшие количественные и качественные характеристики всех элементов природного резервуара
- Расположенная в одном месте инфраструктура позволяет оперативно возвращаться к доизучению необходимых интервалов



Рис. 14. Лабораторные исследования повышения эффективности ГРП

современное оборудование позволяющие проводить первичные пробоподготовительные работы керна и дальнейшие экспериментальные исследования литологических, петрофизических и геохимических параметров горных пород и пластовых флюидов.

Заключение

Научное направление геологии горючих ископаемых, нефти, газа и угля, развивается в Московском государственном университете уже много лет. За почти вековую историю кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета МГУ, создана сильная школа геологов нефтяников и угольщиков, активно

участвующих в создании новых технологий и подготовке кадров нового поколения. На базе Института перспективных исследований нефти и газа в МГУ развиваются инновационные технологии для энергетического сектора экономики. Интеграция науки, образования и производства происходит во время инновационно-проектной деятельности, в которую вовлечены высокопрофессиональные специалисты фундаментальной науки, бизнеса и молодые кадры, студенты и аспиранты. В рамках проектной деятельности создаются междисциплинарные лаборатории, научные коллективы, которые быстро могут начать реализовывать новые технологические решения под задачи энергетического сектора экономики.

Благодарности

Авторы статьи выражают благодарность Компании ПАО «НК «Роснефть» и Компании «Иннопрактика» за поддержку и развитие научно-производственных связей между представителями фундаментальной науки и бизнеса в инновационных проектах поиска, разведки и разработки месторождений нефти и газа.

Сведения об авторах

Антонина Васильевна Ступакова – доктор геол.-мин. наук, заведующий кафедрой геологии и геохимии горючих ископаемых, директор Института перспективных исследований нефти и газа, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1
e-mail: a.stoupakova@oilmsu.ru

Николай Николаевич Еремин – доктор хим. наук, член-корреспондент РАН, декан геологического факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1

Георгий Александрович Калмыков – доктор геол.-мин. наук, профессор, заведующий кафедрой нефтегазовой седиментологии и морской геологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1

Роман Сергеевич Сауткин – кандидат геол.-мин. наук, старший научный сотрудник кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1

Анна Анатольевна Суслова – кандидат геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1

Елизавета Андреевна Краснова – кандидат геол.-мин. наук, старший научный сотрудник кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; старший научный сотрудник, Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского РАН

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1

Михаил Евгеньевич Воронин – научный сотрудник кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1

Анна Петровна Завьялова – кандидат геол.-мин. наук, старший научный сотрудник, кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1

Мария Александровна Большакова – кандидат геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1

Антон Георгиевич Калмыков – кандидат хим. наук, старший научный сотрудник кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1

Михаил Юрьевич Карпушин – кандидат геол.-мин. наук, научный сотрудник, кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых, геологический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1

Алексей Петрович Антонов – кандидат физ.-мат. наук, доцент кафедры математического анализа механико-математического факультета, руководитель научно-образовательного центра по цифровизации кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1

Анна Вадимовна Корзун – кандидат геол.-мин. наук, доцент кафедры гидрогеологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1