Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова в городе Севастополе
Инновационный образовательный центр Наук о Земле
Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова
Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

4-я Международная научно-практическая конференция

«ИННОВАЦИИ В ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКЕ И ГЕОГРАФИИ-2019»

Сборник материалов

Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Севастополе

03 – 06 июля 2019 г.

УДК 55
ББК 26.3я43
Ч-52

Ч-52 **4-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ИННОВАЦИИ В ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКЕ И ГЕОГРАФИИ-2019». Сборник материалов Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Севастополе 03 – 06 июля 2019 г.** — М. Издательство Перо, 2019. — 5,1 Мб. [Электронное издание]

ISBN 978-5-00150-488-7

Сборник материалов конференции включает тезисы докладов, представленных на 4-ой Международной научно-практической конференции «Инновации в геологии, геофизике и географии-2019», проходившей в Филиале МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Севастополе с 03 по 06 июля 2019 года. В статьях рассматриваются достижения по комплексному применению методов, находящихся на стыке различных направлений геологии, геофизики и географии; обсуждаются методы и подходы, составляющие арсенал современных исследований. Сборник будет полезен широкому кругу студентов, аспирантов и научных работников геологических и смежных специальностей.

УДК 55
ББК 26.3я43

ISBN 978-5-00150-488-7

© Авторы статей, 2019

Содержание

4-ая Международная научно-практическая конференция «Инновации в геологии, геофизике и географии-2019»: Итоги……...8
Н.В. Лубнина, О.В. Крылов, А.Ю. Бычков, М.Л. Владов, Н.И. Косевич, И.Н. Модин, В.О. Осадчий, И.Л. Прыгунова, И.Ю. Хромова

Инновационный образовательный центр Наук о Земле на базе Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Севастополе.....13
О.В. Крылов, Н.В. Лубнина, А.Ю. Бычков, И.Н. Модин, М.Л. Владов, П.Ю. Пушкарев, А.Ю. Паленов, Е.В. Козлова, Н.И. Косевич, В.О. Осадчий, А.Д. Скобелев, И.Л. Прыгунова, И.Ю.Хромова

Применение ГИС-технологий при исследовании рельефа Республики Карелия 20
Агаян А.С., Косевич Н.И.

Геолого-геоморфологические особенности ландшафта в районе горы Кастель 22
Андрюшин Д.С.

Природные риски в прибрежной части большого Севастополя.....23
Бадаева А.А., Анкудинова М.Д.

Зеленая инфраструктура городов и развитие общественных пространств.....25
Бараненко А.В.

Сейсмичность как дополнительный фактор в анализе геодинамической обстановки Баренцево-Карского шельфа.....27
Басакина И.М., Антоновская Г.Н.

Трещинные структуры грязевых вулканов и вмещающих толщ Керченско-Таманской грязевулканической области 29
Белобородов Д.Е., Тверитинова Т.Ю.

Скоростные модели земной коры и подкоровой литосферы в районе установки сейсмической станции «Питкяранта» в Карелии 32
Ваганова Н.В., Мещерякова В.А.

Мессбауэровская спектроскопия глауконита как источник информации об окислительно-восстановительных условиях осадконакопления 35
Воронин М.В.

Морские ландшафты Крыма и Севастополя для развития марикультуры 37
Вялова О.Ю.

Ранжирование ловушек углеводородов в Керченско-Таманском регионе.....39
Гаязова Э.Н., Крылов О.В.

Глубинные геоэлектрические исследования в Крыму 41
Десятов Д.О.

История развития озера Чокрак в позднем голоцене (Керченский п-ов).....43
Дикарёв В.А.

Гидротермальное преобразование биомассы водорослей chlorella sp. и изучение закономерностей образования синтетической нефти 46
Ермина О.С., Бычков А.Ю.

Условия и особенности эксгумации метаморфических коллизионных комплексов в палеопротерозойское время.....49
Завьялов С.П.

Результаты изучения петрофизических (упругих) свойств известняков по керну отложений турнейского яруса 51
Зиганшин Э.Р., Нугманов И.И.

Геоинформационное обеспечение пространственного анализа рельефа Большого Севастополя 54
Зорина В.В.

Грязевые вулканы озера Байкал и прибайкалья 57
Исаев В.П., Корольков А.Т.

Использование трехмерного моделирования и инверсии аэромагнитометрических и гравитационных данных с применением нетривиальных референтных моделей 60
Каминский В.Ф.

Некоторые особенности генерации углеводородов при гидропиролизе 61
Кувинов И.В., Макарова Е.Ю., Большакова М.А., Бычков А.Ю., Козлова Е.В.

Изучение систем трещиноватости углей на макро- и микроуровне 64
Кувинов И.В., Макарова Е.Ю., Бычков А.Ю.

Энергетический бюджет геоморфологических систем высокогорных территорий 67
Кузнецов А.С.

Поиски потоков подземных вод в Степном и Горном Крыму, приуроченных к эндодренажным системам, с применением метода ЕИЭМПЗ. 69
Кузнецов И.В., Тарасенко В.С., Осыкин М.К.

Электропроводность фундамента восточно-европейской платформы в юго-восточном приладожье по данным магнитотеллурических зондирований 71
Куликов В.А., Соколова Е.Ю., Ионичева А.П., Пушкарев П.Ю., Яковлев А.Г.

Новые методы и подходы при построении глобальных геодинамических реконструкций 72
Лубнина Н.В.

Карельский протократон в раннем палеопротерозое: новые ключевые палеомагнитные полюсы для Водлозерского и Центрально-Карельского террейнов 75
Лубнина Н.В., Тарасов Н.А., Степанова А.В.

Биохимическая роль в образовании бокситов экстракачества в латеритных корах выветривания 78
Макарова М.А., Боева Н.М., Бочарникова Ю.И., Шипилова Е.С.

Вопросы изучения зеленой инфраструктуры г. Симферополь 81
Малышев Т.Р.

Сезонная изменчивость метеопараметров крыма в свете глобальных климатических трендов 82
Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н., Коваленко О.Ю., Вышкваркова Е.В.

Информационные методы сбора и обработки экологических баз данных природных комплексов 83
Миленко Н.Н.

Строение оползневого склона на южном берегу Крыма по результатам электрической томографии 86
Модин И.Н., Скобелев А.Д., Квон Д.А.

Метаморфические породы, слагающие острова Кандалакшского залива Белого моря, и их петрографические характеристики 88
Мышенкова М.С., Косевич Н.И., Багдасарян Т.Э.

Экспериментальное исследование летучести фосфора в гидротермальных растворах.....91
Николаева И.Ю., Тарнопольская М.Е., Бычков А.Ю.

Методы дендроиндикации опасных склоновых процессов 93
Николаева С.А., Савчук Д.А.

Датирование и пространственная реконструкция селей, лавин и камнепадов (верховья р. Актру, Северо-Чуйский хребет, Горный Алтай).....96
Николаева С.А., Савчук Д.А., Кузнецов А.С.

Применение ГИС для контроля межевания территории на примере Севастополя 98
Новиков Б.А.

Особенности проявления геоморфологических процессов прибрежно-морских систем на примере юго-восточной части Крымского побережья.....100
Пашкова Н.Г.

Брекчии, зоны рассланцевания и трещиноватости среднего структурного этажа Гераклейского полуострова Крыма 103
Промыслова М.Ю., Демина Л.И.

Ландшафтно геоэкологические исследования в междуречье Качи и Бельбека 106
Прыгунова И.Л., Анкудинова М.Д., Бадаева А.А., Бараненко А.В., Литау В.А., Цуканова А.В.

Электромагнитные зондирования для изучения нефтегазоносных бассейнов. История и современное состояние 108
Пушкарев П.Ю.

Биогеоинформационные методы в изучении экосистем Крыма 110
Пышкин В.Б., Прыгунова И.Л.

Интрузии морских вод к прибрежным водозаборам.....113
Расторгуев А.В. , Левицкая Е.В.

Физическое моделирование структурообразующих деформаций на ранних стадиях формирования сопряженных континентальных окраин Иберии и Ньюфаундленда 116
Ращупкина А.О., Дубинин Е.П., Грохольский А.Л., Агранов Г.Д.

Влияние температуры и давления на фазовые отношения и распределение скандия, иттрия и редкоземельных элементов в гранитной системе (Si-Al-Na-K-Li-F-O-H) 119
Русак А.А., Щекина Т.И., Алферьева Я.О., Граменицкий Е.Н., Котельников А.Р., Бычков А.Ю., Зиновьева Н.Г.

Исследование карстовых и суффозионных явлений на основе временных вариаций магнитовариационного параметра.....121
Рябова С.А.

Изучение естественной трещиноватости нефтенасыщенных пластов методами гидродинамических исследований скважин 122
Салимгареева Э.М., Емченко О.В., Федоров В.Н., Муллагалин И.З.

Петрологическое и экспериментальное исследование процессов сиенитизации тоналитовых гнейсов на примере массива Мадиапала, комплекс Лимпопо, ЮАР 124
Сафонов О.Г., Селютина Н.Е.

Исследования спектральных характеристик отраженных сейсмических волн в условиях нарушенности сплошности горных пород 126
Семерикова И.И.

Корреляция проявлений опасных природных процессов и неотектоники по результатам структурно-геоморфологического и морфометрического анализов .129
Симонов Д.А. , Брянцева Г.В.

Применение петромагнитного анализа при изучении вторичных процессов в палеопротерозойских магматических комплексах Карельского кратона.....132
Тарасов Н.А., Лубнина Н.В.

Экспериментальное исследование устойчивости фторидных комплексов циркония и гафния в гидротермальных растворах 134
Тарнопольская М.Е., Бычков А.Ю.

К проблеме возраста грязевых вулканов Керченского полуострова.....136
Тверитинова Т.Ю., Белобородов Д. Е., Симонов Д.А., Брянцева Г.В.

Адсорбционное равновесие в системе «ртуть (II) – кремний органический сорбент» 139
Фяйзуллина Р.В., Кузнецов Е.В., Салаватова Д.С.

Трещиноватые коридоры и их роль в разработке месторождений углеводородов142
Хромова И.Ю.

Распределение редкоземельных и рассеянных элементов в породах ритмически расслоенной толщи Киваккского интрузива.....145
Цховребова А.Р.

Применение динамических характеристик сигналов при сейсмоакустических исследованиях для оценки распределения неоднородностей в массивах искусственных и естественных грунтов 147
Шмурак Д.В.

Геология Карабийского массива в Крыму.....150
Юдин В.В.

Распределение тяжелых металлов в почвах города Севастополя 152
Ясенева Е.В., Ясенева И.А.

Для заметок

О КОНФЕРЕНЦИИ

4-ая МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ИННОВАЦИИ В ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКЕ И ГЕОГРАФИИ-2019»: ИТОГИ

Н.В. Лубнина[1], О.В. Крылов[1,2], А.Ю. Бычков[1], М.Л. Владов[1], Н.И. Косевич[1], И.Н. Модин[1], В.О. Осадчий[1], И.Л. Прыгунова[2], И.Ю. Хромова[3]

[1] – Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

[2] – Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Севастополе

[3] – ИП Хромова Инга Юрьевна

В первых числах июля 2019 года в Филиале Московского Государственного Университета имени М.В. Ломоносова в г. Севастополе прошла 4-я Международная научно-практическая конференция «Инновации в геологии, геофизике и географии-2019». Основной целью этой конференции стало создание площадки по обмену опытом и знаниями, освещение инновационных достижений по комплексному применению методов, находящихся на стыке различных научных направлений Наук о Земле. Инициаторами мероприятия стали геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Филиал МГУ в г. Севастополь и Инновационный центр Наук о Земле.

Одной из важных задач конференции являлась разработка современных подходов, предложений, методологии применения комплексных методов исследования для рационального природопользования и устойчивого развития прибрежной зоны Крыма и Севастополя.

С приветственным словом к участникам конференции обратились директор Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Севастополь Ольга Алексеевна Шпырко, заместитель председателя Законодательного собрания г. Севастополя Александр Андреевич Кулагин, директор Института природно-технических проблем РАН Вероника Николаевна Маслова, начальник Управление регулирования природопользования и разрешительной деятельности Главного управления природных ресурсов и экологии города Севастополя (Севприроднадзор) Юлия Анатольевна Гаврилова, представители Института биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН.

На пленарном заседании обсуждалось состояние морских берегов Крыма (Ю.Н. Горячкин), перспективы поиска подземных вод в Степном и Горном Крыму (И.В. Кузнецов), а также экспедиционная морская деятельность Севастопольского ГУ (М.И. Силаков) и Иркутского ГУ (А.Т. Корольков).

Также И.Н. Модиным был представлен доклад о перспективах комплексирования результатов электротомографии и сейсмотомографии, а А.Д. Скобелевым и Д.О. Десятовым впервые в рамках конференции для участников проведена полевая демонстрация метода электротомографии.

В 2019 году, помимо ставшего традиционным пленарного заседания, была организована работа круглых столов по следующим направлениям:

- Новые методы и подходы при геодинамических исследованиях;
- Геофизические методы исследований;

- Трещиноватость в горных породах: современные методы изучения, обработки и анализа данных;
- Геология и эволюция осадочных бассейнов;
- Грязевой вулканизм – индикатор процессов образования нефти и газа;
- Оценка рельефа и опасных экзогенных процессов;
- Современные геолого-геоморфологические процессы и динамика приморских ландшафтов.

Основной целью работы круглого стола ***«Новые методы и подходы при геодинамических исследованиях»*** было показать важность комплексного подхода при построении глобальных и региональных геодинамических реконструкций, при этом первостепенную роль в таких построениях играют корректные корреляции геологических, геохимических и геофизических данных с суперконтинентальной цикличностью. Показано, что знание тектонической эволюции конкретного блока и его место (пространственное положение) в составе суперконтинента в конкретный период времени, значительно облегчает интерпретацию региональных материалов, а корреляция с одновозрастными блоками, входящими в настоящее время в состав различных современных континентов, открывает новые возможности в том числе для поисков месторождений полезных ископаемых (Н.В. Лубнина). Вместе с тем, в докембрийских корреляциях существует проблема корректной идентификации одновозрастных событий, проявленных в разных кратонах. Ограничения и особенности таких корреляций в палеопротерозое по данным суперкомпьютерного моделирования, были рассмотрены в докладе С.П. Завьялова, а условиях вторичных преобразований докембрийских комплексов – в докладе Н.Е. Селютиной. Кроме того, показан новый комплексный петро-палеомагнитный подход для реконструкции трендов вторичных преобразований докембрийских пород (Н.А. Тарасов).

Обсуждаемые в рамках работы круглого стола ***«Геофизические методы исследований»*** проблемы напрямую были связаны с основной тематикой круглого стола ***«Новые методы и подходы при геодинамических исследованиях»*** **–** связи получаемой геофизической информации с тектоническим строением региона. Показана неоднородность литосферы Свекофеннского пояса Восточно-Европейского кратона по данным магнитотеллурического зондирования (П.Ю. Пушкарев), а также скоростные модели земной коры и подкоровой литосферы в его восточной части (Н.В. Ваганова). В докладе В.Ф. Каминского рассмотрены вопросы трехмерного моделирования и инверсии аэромагнитометрических и гравитационных данных, а использование магнитовариационного параметра при исследовании карстовых и суффозионных явлений (С.И. Рябова).

В последнее время все больший интерес при поисках и разведке месторождений нефти и газа привлекают нетрадиционные ловушки в трещиноватых коллекторах, при этом особое внимание уделяется корректности выделения структурных парагенезов по данным 3D-сейсморазведки, ВСП и специальным методам ГИС: имиджерам, широкополосному акустическому каротажу и др. Повышенное внимание в мире также уделяется технологии извлечения метана из угольных пластов и сланцев, тесно связанной с изучением

проницаемости этих пород. Распределение зон повышенной трещиноватости и, как следствие, флюидной проницаемости зависит от новейшей геодинамической активности района, которая проявляются на поверхности Земли в виде новейших дислокаций, отраженных в рельефе, повышенных значениях теплового потока, сейсмичности и часто подчеркиваются скоплением месторождений нефти и газа.

В рамках работы круглого стола ***«Трещиноватость в горных породах: современные методы изучения, обработки и анализа данных»*** обсуждались новые методы и подходы для выявления участков концентрации трещин в горных породах, по которым циркулируют флюиды. При этом особое внимание уделено численному и физическому моделированию деформаций в различных геодинамических обстановках (А.Ф. Василевский, А.О. Ращупкина). Одной из изюминок этого круглого стола стала ***лабораторная демонстрация «Тектонофизическое моделирование неоднородных сред»*** (А.Ф. Василевский). В ходе эксперимента показана важность правильного распознавания и диагностики именно систем трещин (или структурных парагенезов), возникших на одном и том же этапе тектонической активности. Актуальные вопросы петрофизических исследований трещиноватости углей представлены И.В. Кувиновым с соавторами.

На круглом столе ***«Трещиноватость в горных породах: современные методы изучения, обработки и анализа данных»*** также обсуждалась роль трещиноватых коридоров при разработке месторождений углеводородов (И.Ю. Хромова), исследования спектральных характеристик отраженных сейсмических волн в условиях нарушенности сплошности горных пород (И.И. Семерикова). Важность связи неотектонической активности региона и предсказаний различных сценариев развития опасных геологических процессов (оползни, обвалы, микросейсмичность, карстовые процессы и т.д.), а также грязевого вулканизма обсуждалась в докладах Г.В. Брянцевой и Д.Е. Белобородова.

В рамках работы круглого стола ***«Геология и эволюция осадочных бассейнов»*** были рассмотрены основные этапы структурно-тектонических реконструкций и стадии формирования осадочных бассейнов в различных геотектонических областях. Ряд приглашенных докладов в этой секции посвящены современным методам изучения геологии нефтегазоносных бассейнов суши и шельфа, особое внимание уделено истории геологического развития, направлений структурообразующих движений на разных стадиях формирования бассейна, обсуждены вопросы возникновения региональных меланжей, надвигов, взбросов, оползней (В.В. Юдин).

Немалое внимание в работе секции уделено условиям осадконакопления в пределах осадочных бассейнов, вещественному составу сформированных пород, времени и характеру тектонических движений. Несколько докладов были посвящены не только изучению структурных форм, но и анализу строения бассейнов по данным электромагнитных и геоэлектрических измерений, использования дополнительного фактора сейсмичности при анализе его геодинамической обстановки (И.Н. Модин, П.Ю. Пушкарев, А.Д. Скобелев, Д.О. Десятов). Вопросы существования разновозрастных нефтяных систем в бассейне также были освящены в ряде докладов. В них были рассмотрены данные по величине теплового прогрева всего бассейна, степени катагенетической преобразованности нефтегазоматеринских толщ, истории формирования ловушек УВ и возможного времени их заполнения (О.В. Крылов, А.Ю. Бычков,

И.В. Кувинов, О.С. Ермина, И.М. Басакина). Рассмотрение всего комплекса проблем тесно увязано с современными компьютерными технологиями, нацеленными на решения вопросов бассейнового моделирования.

Круглый стол ***«Грязевой вулканизм – индикатор процессов образования нефти и газа»*** был посвящен уникальному природному феномену, широко развитому в Керченско-Таманском регионе. Различные геохимические индикаторы условий образования грязевулканических флюидов – воды, углеводородного и неуглеводородного газа и нефти, адсорбционное равновесие в системе «Ртуть (II) – кремний органический сорбент», проблема возраста образования вулканов Керченского полуострова и их исчезновения обсуждались в докладах В.Ю. Лаврушина, Д.С. Салаватовой и Г.В. Брянцевой. Одним из ключевых стал вопрос о связи действующих и «неактивных» грязевых вулканов и нефтегазоносностью региона. Обсуждались как формы и структуры грязевулканических построек, так и открытые и разрабатываемые залежи нефти и газа в отложениях майкопской серии, а также в терригенных и карбонатных коллекторах неогеновых отложений (О.В. Крылов, А.Ю. Бычков, Н.В. Лубнина и другие).

В ответ на большой интерес к грязевулканическим провинциям Керченско-Таманского региона, проявленный в ходе предыдущих конференций, была проведена полевая школа ***«Нетрадиционные источники углеводородов: междисциплинарные исследования»*** с посещением ряда грязевых вулканов. В ходе этой полевой школы участники смогли наблюдать активные проявления грязевого вулканизма на Керченском и Таманском полуострове, их приуроченность месторождениям нефти и газа, нефтематеринские породы майкопской серии и нефтевмещающие породы флиша и дельтового комплекса. Доклад ведущего специалиста по геохимии грязевого вулканизма, д.г.-м.н. В.Ю. Лаврушина послужил базисом для обсуждения особенностей этого процесса в ходе полевых экскурсий. В других докладах были представлены новые результаты геофизических исследований грязевых вулканов, по содержанию микроэлементов в грязевулканической брекчии, экспериментальному моделированию процессов образования нефти. Обсуждение в рамках секции и полевой школы показало повышенный интерес исследователей к грязевулканическому процессу и большие возможности современных методов по решению задач генезиса и эволюции грязевулканических и нефтеобразующих систем. Непосредственно вопросы взаимосвязи вопросов генерации УВ и этапов формирования грязевых вулканов и их проявлений участники конференции смогли своими глазами наблюдать во время проведения полевой экскурсии и обсуждать на ***круглых столах «Грязевые вулканы Таманского полуострова» и «Традиционные и нетрадиционные коллекторы нефти и газа Таманского полуострова»***.

В ходе работы круглого стола ***«Опасные геологические процессы»*** рассмотрены вопросы проявлений опасных экзогенных процессов и их влияние на рельеф той или иной территории земного шара. На секции представлены доклады о формировании рельефа в пределах разных геоморфологических обстановок: прибрежные территории юго-восточного побережья Крымского полуострова и высокогорные территории в пределах Горного Алтая и др. А.С. Кузнецов в своем докладе уделил внимание вопросам энергетического потенциала высокогорных территорий с геологической и геоморфологической точки зрения. С.А. Николаевой и А.С. Кузнецовым были

представлены результаты исследования методами дендроиндикации опасных склоновых процессов (селей, лавин и камнепадов) в различных геоморфологических обстановках высокогорий.

В работе круглого стола ***«Современные геолого-геоморфологические процессы и динамика приморских ландшафтов»*** были рассмотрены основные проблемы преобразования прибрежных и внутренних ландшафтов Крыма и Черноморского побережья РФ. В связи с участившимися катастрофическими природными явлениями, большой интерес вызвал доклад ведущего специалиста ГАУ «Экоцентр» Романа Андреева о проблемах преобразования приморского ландшафта в прибрежной зоне Севастополя. Не менее актуальными оказались вопросы мониторинга геолого-геоморфологических преобразований внутренних ландшафтов, рассмотренные на примере особо охраняемой природной территории заказника Кастель, а также влияние климатических трендов на преобразования ландшафтов Крыма. О недостаточном использовании Черноморского побережья России для производства аквакультуры и о перспективах этой отрасли рассказала старший научный сотрудник ИнБЮМ РАН Оксана Вялова. Особо интересную проблему представляют интрузии морских вод к прибрежным водозаборам, приводящие к ухудшению качества воды и выходу из строя водозаборов. Данный вопрос был рассмотрен на примере Орловского водозабора города Севастополя выпускницей геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова Екатериной Левицкой.

В ходе обсуждения участники круглого стола сошлись во мнении о необходимости комплексного изучения и мониторинга любых изменений приморских ландшафтов прибрежной зоны Большого Севастополя. Любые точечные бесконтрольные преобразования ландшафта данной зоны связаны с неконтролируемыми природными рисками как в настоящее время, так и в дальнейшем. Карьеры, активное строительство в водоохранной зоне в непосредственной близости от обвально-оползневых абразионных амфитеатров Любимовской группы недопустимы, а инициируемые ими оползни и обвалы опасны для отдыхающих и самих возводимых объектов. Уже существующая нагрузка (тсн, ст, аэропорт Бельбек) превышает несущие возможности приморских геосистем, а дальнейшие работы лишь стимулируют и ускоряют неблагоприятные природные процессы, характерные для этого района, что затрудняет дальнейшее развитие прибрежных территорий Большого Севастополя и чревато огромными экономическими издержками. Для привлечения внимания общественности к данным проблемам, а также для подготовки молодых специалистов, способных решать поставленные задачи изучения и мониторинга ландшафтных систем, предложено организовать полевую ландшафтно-геоэкологическую школу.

Всего в 2019 году в работе конференции «Инновации в геологии, геофизике и географии-2019» приняло участие 128 очных и заочных участников, при этом расширилась их география. Помимо представителей геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и географического факультета Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова, в конференции приняли участие молодые сотрудники, аспиранты и студенты Таврической академии им. В.И. Вернадского КФУ (г. Симферополь), Казанского (Приволжского) Федерального Университета (г. Казань), Пермского ГУ (г. Пермь) и Калужского ГУ им. К.Э. Циолковского (г. Калуга).

В работе конференции участвовали эксперты и молодые специалисты из институтов Российской академии наук: Института Физики Земли РАН, Геологического Института РАН, Института Географии РАН, Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Института геохимии и аналитической химии РАН (г. Москва), Института Земной коры СО РАН (г. Иркутск), Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики РАН (г. Архангельск), Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (г. Томск), Горного института УрОРАН (г. Пермь), Института Экспериментальной Минералогии (г. Черноголовка).

Международную конференцию «Инновации в геологии, геофизике и географии-2019» поддержали и приняли участие в работе круглых столов ведущие эксперты ПАО НК «Роснефть», ИП "Хромова И.Ю.", Сколковского института науки и технологий (г. Москва), ООО «Геомедж ру» и ФГУНПП «Аэрогеология».

В конференции также приняли участие специалисты из Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова, Института природно-технических систем РАН, Морского гидрофизического института РАН и Института морских биологических исследований РАН, Главного управления природных ресурсов и экологии города Севастополя (Севприроднадзор).

Результаты работы конференции опубликованы в специальном сборнике научных трудов и освещены в масс-медиа.

Представленные на конференции доклады частично выполнены при финансовой поддержке РФФИ, гранты 18-45-920073 (Геодинамические аспекты трещиноватости береговой зоны Севастопольского района юго-западного Крыма: комплексные исследования, мониторинг и техногенные риск, рук. доц. О.В. Крылов) и 18-05-00818 (Физико-химическая модель грязевого вулканизма Керченско-Таманского региона, рук. проф. А.Ю. Бычков).

ИННОВАЦИОННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР НАУК О ЗЕМЛЕ на базе Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Севастополе

О.В. Крылов[1,2], Н.В. Лубнина[2], А.Ю. Бычков[2], И.Н. Модин[2], М.Л. Владов[2], П.Ю. Пушкарев[2], А.Ю. Паленов[2], Е.В. Козлова[3], Н.И. Косевич[2], В.О. Осадчий[2], А.Д. Скобелев[2], И.Л. Прыгунова[1], И.Ю.Хромова[4]

[1] *Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Севастополе*
[2] *Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова*
[3] *Сколковский институт науки и технологий*
[4] *ИП «Хромова Инга Юрьевна»*

inno.earthscience@gmail.com
http://2019.inno-earthscience.com/

Инновационный образовательный центр Наук о Земле создан 15 ноября 2016 года по решению Ученого совета Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Севастополь (Протокол №5-16) для координации и междисциплинарной интеграции образовательной, научно-исследовательской и инновационной деятельности подразделений Филиала МГУ в г. Севастополе, факультетов МГУ и предприятий, учрежденных МГУ, направленной на решение актуальных и перспективных задач.

В работе «Инновационного образовательного центра наук о Земле» принимают участие главным образом сотрудники и преподаватели геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и отделения географии Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Севастополь, проводящие научные исследования, учебный процесс и инновационную деятельность по тематикам Центра.

В настоящее время в рамках работы Инновационного центра Наук о Земле сформировалось 5 основных направлений исследований:

- Геодинамические аспекты трещиноватости (*руководители проф. Н.В. Лубнина и доц. О.В. Крылов)*;
- Грязевой вулканизм как индикатор процессов образования нефти и газа *(руководители внс Е.В. Козлова и доц. О.В. Крылов);*
- Гидротермальные процессы и флюиды в земной коре *(руководитель проф. А.Ю. Бычков);*
- Геофизические исследования и геомониторинг опасных процессов *(руководители проф. И.Н. Модин и проф. М.Л. Владов);*
- Современные геолого-геоморфологические процессы и динамика приморских ландшафтов *(руководители доц. И.Л. Прыгунова и асс. Н.И. Косевич).*

Для освещения инновационных достижений по комплексному применению методов, находящихся на стыке различных научных направлений, Инновационный образовательный центр Наук о Земле совместно с Филиалом Московского Государственного Университета имени М.В. Ломоносова в г. Севастополе вот уже в течение четырех лет проводит **Международные научно-практические конференции «Инновации в геологии, геологии и географии»,** в работе которых принимает участие более 100 человек ежегодно.

Одной из важных задач научно-практических конференций является разработка основных подходов, предложений, методологии применения комплексных геолого-геофизических и геохимических методов исследования, инноваций в геологии, геофизике, географии для рационального природопользования и устойчивого развития прибрежной зоны Крыма и Севастополя. За четыре года работы опубликовано более 450 научных статей в материалах конференций на русском и английском языках, издано 3 учебных пособия и 5 путеводителей полевых экскурсий.

Обучение студентов, аспирантов и молодых сотрудников является одним из основных направлений работы Инновационного образовательного центра. Особую роль в этом обучении уделяется получению студентами навыка практической работы в реальных полевых условиях, самостоятельной работе на современных аппаратных комплексах и правильному выполнению полевых работ, отбору образцов пород, детальному документированию с точной геодезической привязкой. За 3 года для подготовки региональных кадров, а также повышения уровня обучения профильных студентов в ведущих ВУЗах России, проведено пять полевых школ: «Магматические комплексы юго-западного Крыма: мультидисциплинарные исследования» (2016 г.), «Геомониторинг природных процессов» (2016 г.), «Нефтегазовый потенциал Крыма: мультидисциплинарный подход» (2017 г.), «Прибрежные районы: мониторинг и инновационные комплексные исследования» (2017 г.), «Трещиноватые коллекторы: инновационные комплексные исследования» (2018 г.) и **«Нетрадиционные источники углеводородов: междисциплинарные исследования» (2019 г.),** а также одну обзорную экскурсию «Трещиноватость пород Гераклейского плато (юго-западный Крым): мультидисциплинарный подход» (2018–2019 гг.). В рамках этих школ участники знакомились как с новыми методиками изучения заявленных процессов, так и с реальными геологическими объектами. Среди этих объектов были складчато-блоковые структуры Гераклейского плато, Внутренней гряды Крымских гор (гора Ак-Кая), области развития грязевого вулканизма в пределах Керченского и Таманского полуостровов, подводные хребты и толщи современных осадков прибрежных районов Крыма.

Важным достижением работы Инновационного Центра Наук о Земле является проведенные в 2016–2019 гг под руководством проф. Н.В. Лубниной и доц. О.В. Крылова комплексные исследования трещиноватости и связанный с зонами повышенной трещиноватости мониторинг опасных экзогенных процессов в пределах Гераклейского плато (юго-западный Крым), включавших в себя тектонические, структурные и геоморфологические (А.В. Муровская, Н.С. Фролова, А.Ф. Читалин, Г.В. Брянцева, Н.И. Косевич), геофизические (И.Н. Модин, М.Л. Владов, А.Ю. Паленов, П.Ю. Пушкарев, А.Д. Скобелев, В.А. Стручков, Д.О. Десятов, А.А. Фадеев, Д.В. Шмурак, Т.В. Ялов, С.С. Александров, А.Г. Иванов, В.А. Лобков, А.Д. Приходько, В.А. Шевченко) и петрологические (М.Ю. Промыслова, Л.И. Демина, А.Ю. Бычков) исследования. Организацию этих работ взяли на себя Н.И. Косевич, М.С. Мышенкова, А.Ю. Бубнов (2016 г.) и В.О. Осадчий (2018–2019 гг.), а также студенты, магистранты и аспиранты геологического ф-та МГУ (Н.А. Тарасов, А.С. Агаян, О.С. Ермина).

Участники полевых экскурсий «Трещиноватость пород Гераклейского плато (юго-западный Крым): мультидисциплинарный подход» (2018–2019 гг.)

Вторым направлением научных исследований, проводимых Инновационным образовательным центром Наук о Земле, является изучение нефтяных систем мезозойско–кайнозойского осадочного чехла Черноморско-Кавказского региона. В ходе полевых исследований 2016–2019 гг. изучены связи элементов нефтяных систем с тектоническими особенностями развития и современным структурным планом Степной и Горной частей Крыма (Е.В. Козлова, О.В. Крылов, Н.В. Лубнина, А.В. Муровская, А.Ю. Бычков, Н.С. Фролова, Г.В. Брянцева, В.О. Осадчий).

Для наиболее представительных разрезов 3 структурных планов выделены нефтематеринские свиты, коллекторские горизонты и покрышки в отложениях от триаса до неогена. Важным аспектом являются перспективы открытия месторождений в глубоководной части Черного моря, аналоги природных резервуаров которых исследовались в ходе наземных полевых экскурсий (2016–2019 гг).

Участники полевой школы ««Нефтегазовый потенциал Крыма: мультидисциплинарный подход» (2017 г.).

Особое внимание проводимых исследований уделено природному феномену грязевого вулканизма, широко развитому в пределах Керченско-Таманского региона и являющемся прямым свидетельством нефтегазоносности недр. Рассмотрены типы и строение грязевых вулканов, углеводородный состав продуктов извержения, литологическая характеристика грязевулканической брекчии, грязевулканические провинции Черноморского региона.

В рамках изучения проявлений грязевого вулканизма на Керченском полуострове в 2017–2019 гг проведены комплексные геолого-геохимические исследования грязевого

вулкана на берегу озера Тобечик, поселок Костырино (О.В. Крылов, Е.В. Козлова, Н.В. Лубнина, А.Ю. Бычков, Г.Г. Ахманов, Г.В. Брянцева, В.О. Осадчий). Здесь, с начала прошлого века, разрабатывалось нефтяное месторождение в неогеновых отложениях чокракской свиты. Генерация нефти происходила в отложениях майкопской серии палеоген–неогенового возраста, одной из основных нефтематеринских свит Черноморских нефтегазоносных бассейнов. В силу ряда технических причин, месторождение было закрыто в 60-е годы XX века, действующие скважины затампонированы.

По соседству с нефтяным месторождением располагается грязевой вулкан, действующей силой которого является термо-барическое преобразование минеральной матрицы (представленной преимущественно смешаннослойными глинами) и органической составляющей отложений майкопской серии.

Участники полевой школы ««Нефтегазовый потенциал Крыма: мультидисциплинарный подход» на Булганакском грязевулканическом поле (2017 г.).

Для оценки возможности применения несейсмических геофизических методов при изучении грязевого вулканизма, в 2019 году на берегу Тобечикского озера под руководством проф. И.Н. Модина, асс. А.Ю. Паленова, снс Т.Б. Соколовой, доц. И.В. Лыгина, доц. Л.А. Золотой, вед. геофиз. А.Д. Скобелевым, инж.-геоф. Д.А. Квон, инж. С.А. Акуленко, студ. Д. Арутюняном, асп. Т.П. Широковой, студ. В.А. Лобковым и Д.А. Нелоговым был выполнен комплекс наземных геофизических исследований, включающий электроразведочные (электротомография, метод естественного электрического поля, резистивиметрия), магниторазведочные (площадная съемка магнитного поля,

каппаметрия), гравиразведочные (профильные наблюдения аномалий поля силы тяжести) и другие геофизические исследования (радиометрия, регистрация эманаций, термометрия). Комплексные исследования позволили выделить неконсолидированные грязевулканические отложения, внедренные в известковый массив по системе тектонических разломов.

Участники полевой школы «Нетрадиционные источники углеводородов: междисциплинарные исследования», озеро Тобечикское (2019 г.).

Непосредственно в грязевулканических потоках и на бортах грязевого озера в северо-восточной части поселка были отобраны образцы нефтяных пленок и окисленного битуминозного вещества, которые затем исследовались в лаборатории (Е.В. Козлова, И.С. Балакин). Плотность выделенных битумов оценена с помощью специальных пиролитических исследований и составляет 0,89÷0,92 г/см3. По данным элементного анализа битум содержит значительное количество углерода (36-51%), водорода (5-5,76%), очень мало азота (0,17-0,57%) и серы (0,14-0,34%). В групповом составе преобладают нафтеновые углеводороды, отмечается незначительное количество асфальтеновой составляющей. Нефтяные углеводороды подвергнуты сильному окислению, в составе

нефтяных пленок не обнаружено нормальных и изо-алканов, что свидетельствует о высокой степени биодеградации. Среди ароматических компонентов идентифицированы алкил-нафталины, а также алкил-адамантаны и алкил-диамантаны – алмазоподобные пленки, по своей твердости лишь в три раза уступающие алмазу. Адамантаны являются ценным сырьем в медицине, используются для производства термостабильных смазочных материалов и полимеров, обладают бактерицидным и антистатическим действием.

Научные исследования по основным направлениям Инновационного Центра Наук о Земле проводятся при финансовой поддержке грантов РФФИ проекты 18-05-00818 (Физико-химическая модель грязевого вулканизма Керченско-Таманского региона, руководитель А.Ю. Бычков) и 18-45-920073 (Геодинамические аспекты трещиноватости береговой зоны Севастопольского района юго-западного Крыма: комплексные исследования, мониторинг и техногенные риск, руководитель О.В. Крылов).

В ближайшее время работы Инновационного Центра Наук о Земле будут направлены на создание Программ дополнительного профессионального образования по комплексированию геолого-геофизических исследований:

- **Курсы переподготовки кадров (500+ часов)** *с выдачей диплома МГУ имени М.В. Ломоносова о профессиональной переподготовке с присвоением дополнительной квалификации;*
- **Курсы переквалификации кадров (144–250 часов)** *с выдачей диплома МГУ имени М.В. Ломоносова о переквалификации;*
- **Научно-практические семинары (24–40 часов**) *с выдачей сертификата ответственного структурного подразделения (факультета) МГУ имени М.В. Ломоносова о посещении курса.*

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РЕЛЬЕФА РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

Агаян А.С., Косевич Н.И.

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
nastaagaian@mail.ru

Рельеф земной поверхности – результат взаимодействия разнонаправленных современных геологических процессов – эндогенных и экзогенных. Важнейшую роль занимают эндогенные процессы потому что образовывают «первичные» формы рельефа (морфоструктуры), которые осложнены различными денудационными и аккумулятивными формами (морфоскульптуры) [1].

Регион данного исследования находится в пределах Республики Карелия, на территории Балтийского щита. Исследование платформенных комплексов представляет интерес с геологической и тектонической точки зрения, так как характеризуются низкой скоростью вертикальных движений, слабой сейсмичностью, отсутствием или редким проявлением вулканической деятельности и пониженным тепловым потоком. В настоящее время использование специализированных программных комплексов в исследованиях позволяет проводить исследования на новом уровне.

Целью работы было охарактеризовать структурно-геоморфологического строение республики Карелии с применением ГИС-технологий. Исходными данными для исследования стали данные радарной интерферометрической топографической спутниковой съёмки SRTM 4 (Shuttle radar topographic mission) с пространственным разрешением в 3 угловые секунды (90 м), имеющие вид квадрата 5x5 градусов, и генерализованные с разрешением 30 угловых секунд [2]. Морфоструктурный анализ рельефа проводился в программном комплексе ArcGIS 10.3 на базе морфометрического метода поиска тектонических структур [1, 3] и структурно-геоморфологического анализа [5].

В результате исследования были получены производные морфометрические карты основных показателей: крутизна склонов, экспозиция склонов, глубина расчленения рельефа, густота расчленения рельефа и общий показатель расчленения рельефа. При пространственном и тематическом анализе полученных карт была построена карта морфометрических комплексов региона исследования.

В рамках структурно-геоморфологического анализа были получены и проанализированы следующие карты: направление стока, суммарный сток, постоянные и временные водные потоки, порядки водотоков, базисные поверхности различных порядков, разности между базисными поверхностями. В результате проведенного анализа была составлена карта морфоструктур республики Карелия.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00666.

Литература

1. *Симонов Ю.Г. Объяснительная морфометрия рельефа. /Монография – ГЕОС - 1999, 251с.*
2. *Jarvis A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara, 2008, Hole-filled seamless SRTM data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT) - http://srtm.csi.cgiar.org*
3. *Философов В. П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1975. 232 с.*
4. *Гольбрайх И. Г., Забалуев В. В., Ласточкин А. Н. и др. Морфоструктурные методы изучения тектоники закрытых платформенных нефтегазоносных областей. Л.: Недра, 1968. 152 с*
5. *Курлович, Д.М. Пространственная дифференциация и динамика морфоструктур Белорусского Поозерья / Д.М. Курлович. – Минск : БГУ, 2014. – 160 с.*

ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАНДШАФТА В РАЙОНЕ ГОРЫ КАСТЕЛЬ

Андрюшин Д.С.

Филиал МГУ в городе Севастополе
gsful@yandex.ru

Находящаяся в 4 км от Алушты гора Кастель – это уникальный объект геологического наследия Южного берега Крыма, так как является единственным интрузивным магматическим телом в Крыму, состоящим из гранит-порфиров, и которое имеет не до конца выясненную геологическую историю. Такое строение не могло не повлиять на ландшафт, окружающий Кастель.

Целью работы было изучение особенностей влияния геологической структуры и геоморфологических процессов на развития ландшафта района горы Кастель.

Ландшафт района исследования относится к горно-приморским субсредиземноморским. Флора представлена как типичными для горнолесного пояса видами (дуб пушистый, грабинник, фисташка туполистная), так и субсредиземноморскими (земляничник мелкоплодный, можжевельник высокий, иглица понтийская, ладанник крымский)[2]. Это послужило основой для создания ботанического заказника «Кастель».

Большие площади юго-восточной части массива покрывают осыпи магматической породы - хаосы разной размерности от сантиметров до нескольких метров доходящих до берега. Щели в таких осыпях создают особый микроклимат, охлаждая воздух летом и сохраняя тепло зимой. Только в таких щелях и удается выжить небольшому папоротнику – анограмме тонколистной [1]. Также эти хаосы являются прекрасным субстратом для плюща, местами покрывающего большие площади осыпей и сохраняющего их от эрозионных процессов.

На юго-западе от Кастели примечательным является крупное обнажение перемятого в складки таврического флиша, а под ним уникальный пляж из крупного, хорошо окатанного до сферических форм каменного материала - Гранильня Головкинского. Благодаря рельефу дна создаются особые турбулентные течения, шлифующие каменный материал, который поступает с Кастельского массива и таврического флиша, выносимые как гравитационным переносом, так и небольшим временным водотоком, впадающим в центре пляжа. К сожалению, в связи со строительством бун эти особые течения изменились, вследствие чего ослабло гранящая деятельность волн.

Таким образом можно сказать, что действительно геологическое строение и геоморфологические процессы оказывают существенное влияние на ландшафт района Кастели, являются основой, создающей уникальные как геолого-геоморфологические, так и ландшафтные комплексы.

Литература

1. *Ена Ал.В., Ена Ан.В. Лоция Крыма. Научно-популярный очерк-путеводитель поберегам полуострова. - Симферополь: Бизнес-Информ, 2008. - 376 с., илл., 16 стр. цв. илл.*
2. *Экология Крыма. Справочное пособие / Под ред. Н. В. Багорва и В. А. Бокова. – Симферополь: Крымское учебно-педагогическое государственное издательство, 2003. – 360с.*

ПРИРОДНЫЕ РИСКИ В ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ БОЛЬШОГО СЕВАСТОПОЛЯ

Бадаева А.А., Анкудинова М.Д.

Филиал МГУ в городе Севастополе
balansa813@mail.ru

Актуальность исследования рисков, связанных с опасными природными явлениями и процессами, напрямую связана с увеличением количества природных опасностей и частотой их возникновения. Крымский полуостров как один из главных рекреационных регионов России предполагает особые повышенные нормы к состоянию окружающей среды, мониторингу опасных природных явлений и, соответственно, профилактике рискогенных ситуаций.

Цель исследования – выявить и дать описание природным рискам в прибрежной части Большого Севастополя.

Для достижения поставленной цели требуется выполнение следующих задач:

1. Провести ландшафтно-геоэкологические исследования на территории Большого Севастополя (Учкуевка и междуречье Качи и Бельбека);

2. Проанализировать полученные данные;

3. Дать оценку природным рискам в прибрежной части Большого Севастополя в целом;

4. Сделать рекомендации по уменьшению природных рисков.

Работа выполнялась двумя этапами. В ходе учебного года как курсовая работа второго года обучения в бакалавриате, на отделении «География» и в ходе полевой учебной практики на отдельных участках северо-западной части прибрежной зоны Большого Севастополя.

Для выполнения поставленной цели и задач маршрутным методом с описанием картировочных точек, описано два участка, которые расположены от мыса Толстый до границ коммунального предприятия «Пляж Учкуевка» на севере и в междуречье от устья р. Бельбек и до лестницы ТСН «Берег» («дикие пляжи»). В ходе исследования выявлены различные обвально-оползневые явления, проявление абразии береговой зоны, обвалы и оползни. Отмечена живописность и уникальность обвально-оползневых амфитеатров, актуальность использования данных ландшафтов для отдыха и рекреации с учетом природных рисков.

В целом, опасные природные явления на территории прибрежной зоны Большого Севастополя обусловлены его физико-географическим положением и природно-климатическими условиями. В последние годы появилась тенденция увеличения числа стихийных бедствий и связанных с ними чрезвычайных ситуаций природного характера. Это связано как с геофизическими циклическими процессами, как на суше, так и на море, так и с увеличением антропогенной нагрузки в целом на побережье. Из неблагоприятных природно-антропогенных явлений, наблюдаемых в ходе практики, можно отметить нерациональное использование природных ресурсов в прибрежной зоне в Немецкой и

Языковой балках, с нарушением природоохранного законодательства РФ и разрушением уникальных обвально-оползневых абразионных берегов.

Наиболее опасными природными явлениями, стихийными бедствиями, с возможностью перерасти в чрезвычайную ситуацию, на территории прибрежной части Большого Севастополя являются землетрясения, обвально-осыпные процессы, оползни, абразия береговой полосы.

На территории Большого Севастополя (площадь 863 км²) в настоящее время зафиксировано 162 оползня (10 % от всех оползней Крымского п-ова) практически всех основных типов. По основным причинам возникновения – абразионные, эрозионные, техногенные и естественно-техногенные. По механизму смещения – блоковые, оползни сдвига, растяжения, разжижения. В пределах селитебной части города оползни не имеют широкого развития, но нередко их возникновение или активизация ранее приводили к серьезным экономическим потерям, например, в посёлке Учкуевка в 2018 году.

Из неблагоприятных и опасных для человека процессов в прибрежной зоне Севастополя имеют место интенсивная абразия на ряде участков берега. Абразионные участки наблюдаются вдоль всей береговой линии Большого Севастополя, перемежающиеся с районами аккумуляции в устьевых участках рек Кача и Бельбек и устьевых областях бухт Севастополя. Отчетливее их можно увидеть в районе мыса Фиолент и Балаклавы. Скорость абразии здесь составляет 1-2 мм в год, для рыхлых пород 0,3-1,8м в год. Воздействие абразионных процессов локализовано на побережье, которое, однако, является наиболее привлекательным для рекреантов и наиболее плотно застроено инженерными сооружениями.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что природные риски в прибрежной зоне Большого Севастополя очень высоки. Для их устранения и уменьшения степени опасности требуется комплексная оценка данной проблемы, а также дальнейшее сокращение любой антропогенной деятельности на исследуемой территории, поскольку они стимулируют природные процессы и комплексное регулирование уже имеющихся нагрузок.

Литература

1. *Багрова Л. А., Смирнов В. О., Гунькина И. Ю., Змерзлая К. С. Опасные природные явления в Крыму, // – Симферополь: Доля.−2012.*
2. *Боков В. А. Оценка экологических ущербов и рисков / В. А. Боков, Л. А. Багрова, А. С. Тихонов, В. О. Смирнов– 243 с.*
3. *Вартанян Г.С., Голицын М. С., Гречищев С.Е. и др. Современные геологические процессы / Г.С.Вартанян, М.С. Голицын, С. У.Гречищев и др. // В кн.: «Экология России». Т. 1. Европейская часть. М..−2000.*
4. *Вишняков Я. Д., Радаев Н. Н. Общая теория рисков: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. — 2-е изд., испр. — М. : Издательский центр «Академия». — 368 с.. 2008*
5. *Гражданская защита. Энциклопедический словарь / под общей редакцией В.А.Пучкова//Минск.−2015.*
6. *Данько Н. И , Довгаль Г. В.. Обоснование хозяйственных решений и оценивание рисков: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений, обучающихся по специальности 7.030504 - Экономика предприятия / Нар. укр. акад., [каф. экономики предприятия; авт.-сост. Н. И. Данько, Г. В. Довгаль]. - Х. : Изд-во НУА,2010.−192 с.*
7. *Екеева Э.В. Методы географических исследований: учебное пособие / Горно-Алтайск: РИО ГАГУ.−2010.−48 с.*

ЗЕЛЕНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ГОРОДОВ И РАЗВИТИЕ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ

Бараненко А.В.

Филиал МГУ в городе Севастополе
geoeco@sev.msu.ru

Основная причина интереса к зеленой инфраструктуре в мире – это желание сделать город более благоприятным местом для жизни. Исследования, исторические свидетельства и непосредственный опыт наглядно демонстрируют важную роль зеленой инфраструктуры в улучшении условий городской жизни. Хорошо разработанная, комплексная зеленая инфраструктура улучшает условия жизни, привлекает людей, способствует развитию торговли, повышает стоимость недвижимости, снижает уровень преступности и приводит к большей социальной сплоченности – чем лучше место, тем лучше в нем люди.

Цель курсового исследования — определить значение, место и роль, тенденцию развития зеленой инфраструктуры и общественного пространства на городских территориях.

Для достижения поставленной цели необходимо было выполнить ряд задач:

- Ознакомиться с понятием «зеленая» инфраструктура
- Изучить историю развития городского озеленения
- Выявить роль общественного пространства
- В последующих этапах, определить границы экологической инфраструктуры Большого Севастополя

Зелёная инфраструктура является стержнем социальной и экономической жизни населения. Она представляет собой многокомпонентную многофункциональную систему. Главные задачи развития зеленой инфраструктуры - оптимизация воздействия городской экологии на человека и его здоровье. Рассматриваемая структура обращает внимание в первую очередь на важность экологического озеленения.

В числе ядер зелёной инфраструктуры выделяется разнообразие экологических систем и услуг, необходимых для жизнедеятельности населения. Данные центры, как правило, многофункциональны и могут занимать различные пространственные масштабы и формы. Они варьируются от отдельных объектов до массивных систем и природных комплексов.

Экологическая инфраструктура неразрывно связана с общественным пространством. Последнее представляет собой культурную составляющую города, которая имеет большой спектр функций для комфорта населения.

Для изучения этих понятий используют большое количество методов. Одним из главных является картографический метод, с последующим анализом и синтезом информации. Также важным методом является метод дифференциации городского пространства.

На территории Большого Севастополя зеленая инфраструктура представлена в виде парков, скверов, зеленых коридоров набережных, а также особо охраняемых природных территорий (ООПТ). В большинстве случаев зеленая инфраструктура выполняет оздоровительную и рекреационную функции. После реконструкции новые направления развития как зеленые общественные городские пространства получили «Дино-парк», парк имени Анны Ахматовой, парк Победы, парк и мемориалы Малахова кургана, начата реконструкция пара возле пляжа Учкуевка и другие. Много внимания уделяется зеленому планированию в прибрежной зоне, где осуществляется энерго-массо-информационный обмен между ландшафтами суши и моря, здесь планируется целая серия набережных и парков. В целом, как показывает практика зеленого строительства в городах – зеленый, экологический каркас городов – это тесно взаимосвязанные понятия. Понятие экологическая инфраструктура более широкое, чем экологический каркас и близка к понятию «экологическая сеть». Имеют место проблемы с неустоявшейся терминологией, которая у смежных наук находится на стадии становления и тесно связана с законодательной инициативой и нормированием.

В настоящее время в Республике Крым, а также в городе федерального значения Севастополе исполняется Федеральная целевая программа (ФЦП). Данная программа направлена на реконструкцию объектов экономического и природного статуса. В рамках ФЦП также проводится программа, содержащая концепцию озеленения территорий.

Несмотря на то, что концепция «зеленой инфраструктуры» во многом повторяет существующие принципы проектирования озелененных территорий города, новым и актуальным в современных условиях является один из них – максимально возможное замещение «серых» элементов города «природными».

Развитие общественных пространств на данный момент стремительно растёт. Последние годы остро обсуждается вопрос экологии, поэтому данная тематика имеет большую значимость. По всему миру разрабатываются проекты и программы по озеленению городов. Это доказывает актуальность данной темы.

Литература

1. *Перцик Е.Н. Города мира. География мировой урбанизации/Издательство «Международные отношения»/107078/Москва/Садовая-Спасская,20/1999*
2. *Лаппо Г.М. География городов/Учебное пособие для геогр. Факультетов вузов. -М.: Гуманит. Изд. Центр ВЛАДОС, 1997-480с.;*
3. *Миллер Е.М., Дорощук Н.Р., Шевякина О.В. Инфраструктура озелененных пространств, -М: Архитектура,2017*
4. *КрашенинниковА.В. Градостроительное развитие жилой застройки: исследование опыта западных стран. -М.: Архитектура-С, 2005*
5. *Косицкий Я.В. , Благовидова Н.Г. , "Основы теории планировки и застройки городов" М.: Архитектура-С, 2007*

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ФАКТОР В АНАЛИЗЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ БАРЕНЦЕВО-КАРСКОГО ШЕЛЬФА

Басакина И.М., Антоновская Г.Н.

ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН

ibasakina@yandex.ru

Развитие сетей инструментальных сейсмологических наблюдений в Арктике открывает дополнительные возможности расширения представлений о геодинамике данного региона. По данным Архангельской сейсмической сети ФГБУН ФИЦКИА РАН (г. Архангельск) с подключением данных зарубежных сейсмических служб проводится мониторинг территории Западного арктического сектора РФ, в частности шельфа Баренцева и Карского морей. Открытие сейсмостанций на арктических островах и получение новых данных о сейсмичности, прежде всего с более низким магнитудным порогом (менее 3), позволяет увидеть не только сейсмоактивные районы, но и области сейсмически пассивные. Существенно, что зафиксированы единичные землетрясения в районах нефтегазовых месторождений [1].

Наложение современных сейсмических данных на карту нефтегазоносных месторождений в Баренцевом и Карском морях показывает, что эти территории сейсмически пассивны, но вне их (структур месторождений) наблюдается слабая сейсмичность, в том числе и в осадочном чехле. Таким образом, появляется дополнительный фактор выделения ареалов возможного формирования углеводородных месторождений.

В настоящее время еще далеко не полно проработана методика сейсмотектонических построений и ее связь с геодинамикой. Таким образом, изучение сейсмического режима нефтегазовых провинций является важным звеном в оценке напряженно-деформированного состояния среды.

Бассейн Баренцево-Карского шельфа начал формироваться как континентальный рифт, а затем, испытав кратковременный спрединг, заполнился осадками. Нефтегазоносные провинции этого региона имеют многофакторность формирования, сложную стадийность, что обуславливает их пространственное распределение, различие свойств и возрастов геологических структур, в том числе углеводородных комплексов. Их трудно привязать к ключевым геодинамическим процессам. Геофизические поля: сейсмические, гравитационные, геотермические устанавливают структурно-плотностную гетерогенность фундамента и осадочного чехла, показывают характер сочленения разнородных блоков коры, маркируют шовные зоны фундамента [2].

Ареалы возможного формирования углеводородных месторождений формируются по совпадению зон, выделенных по нескольким факторам.

Первый фактор – выделение зон развития глубинных надвигов, зон субдукций, (погребенные швы столкновения плит). Именно в зонах развития глубинных надвигов, зон субдукций, сопряженных с осадочными бассейнами, особенно в периоды их быстрого

погружения, происходит поступление энергии для активизации процессов нефтегенеза в нефтематеринских толщах и выноса образующихся УВ восходящим потоком флюидов [3, 4, 5].

Второй фактор – выделение рифтовых зон (рифты, надрифтовые прогибы, депрессии, инверсионные межрифтовые и внутририфтовые валы, прогибы, антиклинали) [6]. Максимальное скопление залежей нефти и газа ожидается над погребенными рифтовыми зонами [7, 8].

Третий фактор – выделение аномального теплового потока [9].

Четвертый фактор – выделение сейсмически пассивных областей.

При этом оценка сейсмического режима до начала масштабной промышленной эксплуатации углеводородных месторождений позволит своевременно обнаружить потенциальные участки критического изменения напряженно-деформированного состояния геологической среды, вызванные техногенным воздействием. Таким образом, сейсмичность является важным элементом в комплексе геолого-геофизических исследований для анализа геодинамической обстановки нефтегазоносных провинций Баренцева и Карского морей.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 18-05-70018 «Геодинамическая обстановка нефтегазоносных провинций Баренцева и Карского морей по новейшим сейсмотектоническим данным» и проекта на выполнение государственного задания «Развитие сейсмических методов для прогнозирования и уменьшения последствий природных и техногенных катастроф в Западном арктическом секторе Российской Федерации», АААА-А18-118012490072-7.

Литература

1. *Антоновская Г.Н., Басакина И.М., Конечная Я.В. Распределение сейсмичности и аномалии теплового потока Баренцевоморского региона // Геотектоника. 2018, № 1, с. 52–62*
2. *Тимонин Н. И. Строение литосферы и нефтегазоносность Баренцево-Карского региона //Литосфера. 2009. №2. С 41-55.*
3. *Артюшков Е.В. Механизм образования сверхглубоких осадочных бассейнов. Растяжение литосферы или эклогитизация // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 12. С. 1675–1686.*
4. *Зыкин Н.Н. Генезис пластовых вод нефтяных месторождений по данным их изотопного состава. В. Сб.:Фундаментальные проблемы нефтегазовой гидрогеологии. М.: ГЕОС, 2005, с. 95-98.*
5. *Родкин М.В., Рундквист Д.В. Геофлюидогеодинамика. Приложение к сейсмологии, тектонике, процессам рудо- и нефтегенеза: Монография // М.В. Родкин, Д.В. Рундквист – Долгопрудный: Издательский Дом « Интеллект», 2017. -288 с.*
6. *Шеин В.А. Палеорифтовые системы западной Арктики и перспективы их нефтегазоносности // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений.-М.: ОАО «ВНИИОНГ», 2011. № 6. С. 31-44.*
7. *Аплонов С.В. Продвигающиеся рифты // Природа,1992, №11, С.9-14.*
8. *Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. – М.: Недра, 1990-Кн.2. – 334 с.*
9. *Хуторской М.Д., Ахмедзянов В.Р., Ермаков А.В. и др. Геотермия арктических морей. М.: ГЕОС, 2013. 232 с.*

ТРЕЩИННЫЕ СТРУКТУРЫ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ И ВМЕЩАЮЩИХ ТОЛЩ КЕРЧЕНСКО-ТАМАНСКОЙ ГРЯЗЕВУЛКАНИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ

Белобородов Д.Е.[1], **Тверитинова Т.Ю.**[2]

[1] *Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва*
[2] *Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова*
DenBeloborodov@gmail.com

Грязевой вулканизм генетически связан с областями развития позднекайнозойских отложений и новейшими и современными тектоническими движениями [Лимонов, 2004; Холодов, 2002; Шнюков и др., 2006], представляя собой закономерный элемент пространственно-временной геологической системы активных орогенов на их пересечении с поперечными межпериклинальными прогибами. Характерным примером такой структуры является Керченско-Таманская межпериклинальная зона с комплексом новейших позднекайнозойских отложений и проявлением активной позднекайнозойской тектоники на фоне формирования современного рельефа. Грязевой вулканизм выражен в формировании в разрезах кайнозойских отложений и приповерхностной зоне систем выраженных в рельефе положительных и/или отрицательных структур центрального типа и сопровождающих их сформированной в процессе излияний образований в виде сопочной брекчии – дегидратированной пульпы. В грязевых вулканах, как и в "настоящих" вулканических объектах, присутствуют жерловые и покровные фации сопочной брекчии. Жерловые фации имеют рвущие контакты с вмещающими стратифицированными толщами. Покровные фации находятся в сложных фациальных взаимоотношениях с нормальными осадочными породами.

Морфология грязевых вулканов разнообразна – от крупных конических построек сложного строения, формирующихся в условиях излияния или выдавливания грязекаменых масс, до плоских грязевулканических полей и солоноводных озерных котловин при слабом проявлении (частичном или полном отсутствии излияний сопочной брекчии) грязевого вулканизма при дегазации в широкой области. Импульсивный характер грязевулканического процесса приводит к проседанию и обрушению кровли над опустошенными очагами и формированию структур "вдавленных синклиналей". Этот процесс осуществляется в случае подводных извержений на фоне процесса нормального осадконакопления.

Компетентные породы приповерхностной зоны распространения грязевого вулканизма обычно характеризуются развитием трещиноватости. Грязевые вулканы, включая даже крупные грязевулканические постройки, в отношении трещиноватости представляют собой неблагоприятные объекты, так как в основном сложены глинистыми толщами сопочной брекчии. Тем более практически лишены трещин обширные грязевулканические поля. Тем не менее, трещиноватость в сопочных брекчиях фиксируется. Подробный анализ проявлений трещиноватости глинистых толщ грязевулканического генезиса позволит получить полную картину всех трещиноватых структур. В первую очередь это контракционные трещины, являющиеся наиболее характерными трещинными структурами глинистых толщ при диагенезе, развивающиеся

на высыхающей поверхности глин. Распределение таких трещин отражает всестороннее растяжение при дегидратации глинистых толщ, но вместе с тем и морфологию исходного бассейна – в ориентировке трещин отрыва будут выделяться направления продольные и поперечные к вытянутости бассейна. Это свойство может быть использовано и при изучении трещиноватости сопочной брекчии грязевулканических построек. Неравномерное развитие мелких приповерхностных контракционных трещин может отражать наличие крупных дизъюнктивных структур, скрытых под глинистыми толщами. Важным источником информации о распределении дизъюнктивных структур, определяющих проявление грязевого вулканизма, является информация о линейном расположении грязевых вулканов. Грязевые вулканы локализуются в узлах пересечения ослабленных (дизъюнктивных) зон, поэтому цепочки грязевых вулканов могут соответствовать наличию плохо выраженных в глинистых толщах дизъюнктивных структур.

В некоторых случаях удается наблюдать трещиноватость в компетентных породах (песчаниках, карбонатах) литологически контрастных кайнозойских отложений на крыльях вмещающих грязевулканические постройки складчатых структур и осложняющих их разрывов. Кроме этого, интенсивной трещиноватостью характеризуются перекрывающие сопочную брекчию карбонатные породы вдавленных синклиналей.

Трещиноватость осадочных толщ, вмещающих и перекрывающих сопочные брекчии грязевых вулканов более разнообразна.

Результаты изучения трещиноватости и молодых дизъюнктивов в сопочной брекчии грязевых вулканов и вмещающих их геологических объектов рассмотрены на примере некоторых грязевых вулканов Керченско-Таманской зоны: Шуго, Карабетова гора, пекло Азовское (Тамань), Булганак, Джау-Тепе, Джарджава (Керчь).

Трещиноватость сопочной брекчии грязевых вулканов. В постройках центрального типа преобладают концентрические "пластичные" валики сжатия и радиальные системы отрывов. Распределение отрывных структур не хаотично. Часто они концентрируются в характерные зоны сдвиговых деформаций, параллельные структурам рамы. Направление сдвиговых перемещений отвечают региональным полям напряжений, выявляемым по структурам разрушения вмещающих толщ. Локальные центры дегазации и грифоны выстраиваются линейно, в цепочки региональных структурных направлений. В протяженных потоках сопочной брекчии выражены парагенезы структур течения; сами потоки ориентированы в соответствии с направлениями каркасных структур рамы. Различный характер распределения дизъюнктивных структур разновозрастных покровов и потоков сопочной брекчии сложных полифазных грязевых вулканов может помочь в установлении изменений напряженного состояния при формировании грязевулканической постройки.

Трещиноватость рамы. Все грязевые вулканы связаны с тектонически активными зонами сжатия – диапировыми, часто надразломными антиклиналями. Эти структуры фиксируются быстро меняющимися ориентировками слоистости от пологого падения до субвертикального. В литологически разнообразных толщах при этом развиваются структуры разрушения различного кинематического типа. Характерно формирование

взбросо-сбросовых поясов вращения. Слоистость нарушена преимущественно поперечными к ней двумя главными системами трещин вкрест ее простирания (преимущественно крутопадающие структуры отрывного типа) и вдоль простирания (разнонаклонные трещины, дополняющие сбросо-взбросовый пояс вращения на крыльях складчатых структур). Большинство трещинных структур несут признаки сдвиговых смещений. На участках пологих залеганий в местах наличия компетентных пород характерны субпослойные зеркала скольжения, свидетельствующие о концентрации смещений на резких литологических контактах. При развитии грязевулканических процессов резкие литологические контакты могут играть роль экранирующих структур.

Выводы. Несмотря в целом неблагоприятные объективные условия проявления дизъюнктивных структур в сопочной брекчии грязевулканических построек, применение актуалистического и парагенетического подходов к изучению рассматриваемых объектов и их окружения позволяет получить интересную структурную информацию, проливающую свет на условия зарождения и формирования этого интересного геологического явления. Трещиноватость вмещающих грязевулканические постройки кайнозойских деформированных толщ отражает сложную многостадийную историю формирования диапировых антиклиналей и осложняющих их складчато-разрывных структур. Контракционные трещины сопочной брекчии соответствуют особенностям структуры грязевых вулканов и динамики их развития, а также косвенно указывают на структурную организацию вмещающих грязевулканические каналы породных массивов.

Литература

1. *Лимонов А.Ф. Грязевые вулканы // СОРОСОВСКИЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ, ТОМ 8, No1, 2004. С. 63–69*
2. *Шнюков Е.Ф., Шереметьев В.М., Маслаков Н.А, и др. Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона. Краснодар: Главмедиа, 2006. – 176 с.*
3. *Холодов В.Н. О природе грязевых вулканов // Природа. Москва, 2002. № 11. С. 47–58.*

СКОРОСТНЫЕ МОДЕЛИ ЗЕМНОЙ КОРЫ И ПОДКОРОВОЙ ЛИТОСФЕРЫ В РАЙОНЕ УСТАНОВКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «ПИТКЯРАНТА» В КАРЕЛИИ

Ваганова Н.В.[1], **Мещерякова В.А.**[2]

[1] *ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН*

[2] *ФГБУН Федеральный исследовательский центр "Карельский научный центр РАН"*

nvag@yandex.ru

Сейсмическая станция PITK «Питкяранта» (с/с PITK) расположена на северо-восточном побережье Ладожского озера (lat=61º40'13.7, lon= 31º15'57.6") и входит в региональную сеть Карелии, принадлежащую ИГ КарНЦ РАН. В 2014 г. она модернизирована широкополосными датчиками CMG-6TD фирмы Guralp с встроенным регистратором. Для определения скоростной структуры земной коры и верхней мантии и получения скоростных моделей Vp и Vs мы применили методологию функций приемника продольных и поперечных волн (P-S-receiver functions) [1], позволяющую исследовать глубинное строение в местах установки отдельных стационарных сейсмических станций.

Суть применяемой методологии функций приемника заключается в использовании обменных волн Ps и Sp от телесейсмических землетрясений, преобразованных из P в SV (модификация PRF) и, наоборот, из S в P (модификация SRF) на сейсмических границах в подстанционной области. Обработка данных включает следующие процедуры: частотную фильтрацию исходных записей, поворот осей на источник, стандартизацию компонент, получение индивидуальных приемных функций для каждого землетрясения, суммирование трасс от нескольких землетрясений с временным сдвигом. Обработка сейсмограмм отобранных землетрясений проводится с помощью пакета программ SeismicHandler (разработчик Клаус Штаммлер) под операционной системой Linux, а также с помощью собственных разработок сотрудников ИФЗ РАН. Подробное описание процедур обработки приводится в многочисленных работах Винника Л.П., Косарева Г.Л., Орешина С.И.

Приемные функции продольных волн PRF.

Нами отобраны широкополосные трехкомпонентные записи 72 землетрясений, в диапазоне эпицентральных расстояний от 30 до 93 градусов, глубины от 2 до 686 км. Индивидуальные P-приемные функции для каждого события просуммированы в стек, для нескольких пробных глубин от 0 до 800 км, с шагом 100 км.

На суммированных P-приемных функциях хорошо выделяются следующие границы обмена: 1) граница Мохо с временем задержки 4.9 с; 2) границы зоны фазовых переходов в мантии 410 км и 660 км с временами задержки 42.2 с и 66.4 с соответственно. В соответствие с моделью IASP91 стандартными эти же времена принято считать TP410s=44.0 с, TP660s=67.9 с. Причиной малых времен задержек на PITK могут быть высокие скорости Vs в верхней мантии, либо поднятие вверх верхней границы зоны фазовых переходов, либо интегральный эффект обеих причин. Времена задержек на станции PITK практически совпадают с аналогичными для юга Балтийского щита,

полученными по данным группы SVEKALAPKO и Русской плиты по данным станции KLM [2]. В переходной зоне мантии между границами 410 км и 660 км разница во времени по данным с/с PITKсоставляет 24.2 с, что говорит о стандартной переходной зоне.

Приемные функции поперечных волн SRF.

SRF рассчитаны по способу [3]. Для исследования отобраны записи 26 землетрясений в диапазоне эпицентральных расстояний от 70 до 90 градусов, с глубинами от 7 до 600 км, магнитудой от 6.0 до 8.1. Индивидуальные S-приемные функции для каждого события просуммированыс учетом весов для пробных значений дифференциальной медленности в интервале от 0 до 1.0 с/град. На суммарных S-приемных функциях хорошо выделяется сигнал с отрицательной полярностью - граница Мохо на времени опережения Tsp (Мохо)=5.19 с.

Совместное обращение PRF и SRF в скоростной разрез.

Для моделирования распределения скоростей Vp и Vs до глубины 300 км используются суммарные трассы PRF и SRF, а также невязки времен задержек от границы 410 км. Значения невязок приняты 0.9 с для P-волн и 2.7 с для S-волн.

Методы обращения основаны на общем методе Монте-Карло и описаны в [4]. Оптимальные модели вычисляются с помощью итеративного алгоритма имитации отжига. Пробная модель состоит из 9 слоев, лежащих на полупространстве. Параметры в каждом слое задаются в виде широкого диапазона значений. В процессе инверсии вычисляются десятки тысяч моделей. Выявленные особенности скоростных моделей по данным станции PITK: земная кора неоднородна, имеет выраженное слоистое строение. Выделяются границы в коре – на глубине 13 км, 21-22 км, Мохо на глубине 42-44 км. Скорости Vp в земной коре чуть повышены, в подкоровой литосфере – без аномалий. На границе Мохо значения граничной скорости Vp=8.0 км/с. Скорости Vs в средней и нижней коре нарастают градиентно с резким скачком Vs= 4.9 км/с на разделе Мохо.

Скоростные модели, полученные по экспериментальным данным для района расположения с/с PITK «Питкяранта», являются важным элементом целого комплекса геолого-геофизических данных (гравиметрических, магнитометрических, петрофизических и др.), которые в совокупности с данными о сейсмичности Беломорья и Баренцево-Карского региона позволят перейти к трехмерному геофизическому моделированию. Они помогут изучить возможные связи глубинного строения и сейсмичности с поверхностными структурами, геологическими процессами в зоне сочленения Балтийского щита, Русской плиты и юга Баренцевоморской шельфовой плиты.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 18-05-70018 «Геодинамическая обстановка нефтегазоносных провинций Баренцева и Карского морей по новейшим сейсмотектоническим данным» и проекта на выполнение государственного задания «Развитие сейсмических методов для прогнозирования и уменьшения последствий природных и техногенных катастроф в Западном арктическом секторе Российской Федерации», АААА-А18-118012490072-7. Расчет скоростных моделей для района расположения с/с PITK выполнено в рамках гранта РФФИ №19-05-00481.

Литература

1. *Vinnik L.P. Detection of waves converted from P to S in the mantle // Physics of the Earth and Planetary Interiors, 15 (1977) 39-45.*
2. *Французова В.И., Ваганова Н.В., Юдахин Ф.Н., Винник Л.П., Косарев Г.Л., Орешин С.И. Строение литосферы по данным обменных волн под сейсмостанцией Климовская // Вестник Воронежского государственного университета. Серия геология.2011, № 1. С 176 – 183.*
3. *Farra V., Vinnik L., 2000. Upper mantle stratification by P and S receiver functions. Geophysical Journal International. V.141 (3), 699–712.https://doi.org/10.1046/j.1365-246x.2000.00118.x.*
4. *Mosegaard, K., Vestergaard, P.D., A simulated annealing approach to seismic model optimization with sparse prior information. Geophys. Prospect. 1991, 39, 599–611.*

МЕССБАУЭРОВСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ГЛАУКОНИТА КАК ИСТОЧНИК ИНФОРМАЦИИ ОБ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ

Воронин М.В.

Институт экспериментальной минералогии имени акад. Д.С. Коржинского РАН, г.Черноголовка

voronin@iem.ac.ru

Минерал глауконит относится к группе гидрослюд, имеет непостоянный и сложный состав, с усреднённой формулой (K, Na, Ca)(Fe^{3+}, Mg, Fe^{2+}, Al)$_2$[(Al, Si)Si_3O_{10}](OH)$_2$·H_2O. Однако это название часто применяется в более широком значении – для обозначения зеленых зерен и их агрегатов, в состав которых наряду с глауконитом входят иллит, глауконит-смектит, смектит и хлорит [1, 2]. Глауконит, аутигенный минерал осадочных пород, образуется в морской среде, в участках с медленным осадконакоплением, на границе контрастных окислительно-восстановительных условий [3].

Широкое распространение в осадочных породах и содержание калия в структуре минерала определило возможность использования глауконита в геохронологии для определения абсолютного возраста осадочных пород калий-аргоновым методом [4]. Главной сложностью для получения абсолютного возраста пород явилось нахождение критериев пригодности материала для изотопного датирования. Это связанно с тем, что глауконит образуется в условиях, где он легко перемывается, переотлагается и изменяется, и тем самым важным фактором становится умение распознать аутигенные и неизмененные разновидности минерала. Для выявления критериев пригодности глауконита для датирования, в том числе, использовались различные физические методы исследования, в первую очередь рентгеноструктурный анализ, инфракрасная и мессбауэровская спектроскопия.

Согласно кристаллохимическим данным ионы железа находятся в центре кислородных октаэдров, в которых часть ионов кислорода замещена на OH-группы [5]. По способу замещения различают два типа октаэдров: цис- (два иона гидроксила расположен на смежных вершинах октаэдра) и транс- (на противоположных). Таким образом, мессбауэровский спектр глауконита представляет собой комбинацию из 2–4-х компонент, представленных дублетами, связанных с наличием двух- и трехвалентного железа в цис- и транспозициях. Наличие дополнительных компонент в спектре свидетельствует о фазовой неоднородности образца.

Таким образом, в результате всестороннего изучения глауконита, накоплен значительный объем литературных данных, по различным аспектам минералогии и геохимии минерала. Но, как правило, результаты мессбауэровской спектроскопии используются главным образом для уточнения химического состава и формульных коэффициентов. Вместе с тем обращает на себя внимание тот факт, что кроме медленного накопления осадков важным фактором для образования глауконита является наличие органического вещества [2], которое сказывается на содержании двухвалентного железа в минерале. И тем самым количество восстановленного железа указывает на обогащенность

морских осадков органическими остатками, что представляет интерес в качестве свидетельства эволюции органического вещества, в том числе, в процессе нефте- и газообразования.

Литература

1. *Чухров Ф.В. (ред.) Минералы. Справочник. Том 4, Вып. 1, М.: Наука, 1992, 599 с.*
2. *Meunier A., El Albani A. The glauconite–Fe-illite–Fe-smectite problem: a critical review // Terra Nova. 2007, V. 19, No. 2, P. 95-104.*
3. *Николаева И.В. Минералы группы глауконита в осадочных формациях. Новосибирск: Наука, 1977, 321 с.*
4. *Николаева И.В. (сост.) Использование глауконита в геохронологии (калий-аргоновая система). Метод. рекомендации. Новосибирск: Изд. ИГиГ СО АН СССР, 1986, 48 с.*
5. *Малышева Т.В. Эффект Мессбауэра в геохимии и космохимии. М.: Наука, 1975, 166 с.*

МОРСКИЕ ЛАНДШАФТЫ КРЫМА И СЕВАСТОПОЛЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ МАРИКУЛЬТУРЫ

Вялова О.Ю.

ФГБУН Федеральный Исследовательский Центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», г. Севастополь

vyalova07@gmail.com

Российская Федерация является одной из крупнейших морских держав и по протяженности береговой линии занимает 4 место в мире. Несмотря на обширные природно-климатические возможности, Россия находится лишь на 78-м месте мирового производства аквакультуры, что соответствует 0,1% в общем объёме. Темпы и масштабы развития российского товарного выращивания рыбы и морепродуктов значительно отстают от общемировых и таких стран-лидеров, Норвегия, Чили, Китай, Вьетнам и др. Доля аквакультуры в общем объеме добычи в РФ в 2016-2017гг. составило менее 5%. Для сравнения, в 2018 году в Норвегии объем выращенных рыбных ресурсов уже превысил 50% добычи, а уже через к 2020 году доля продукции товарных ферм в рыбном экспорте должна составить 90%. По мнению специалистов Росрыболовства, в России наиболее перспективные регионы для морской аквакультуры - Крым, Мурманская область, Дальний Восток и Краснодарский край.

Черноморское побережье протяженностью более 1500 с удобными лиманами, бухтами и заливами, значительное количество солоноватых озер, пригодных для рыбоводства (более 64 тыс. га), существенными объемами внутренних водных ресурсов (озера – 27,8 тыс. га, водохранилища – 5,1 тыс. га, пруды – 7,5 тыс. га) делают Крым и Севастополь привлекательными для развития товарного пастбищного и индустриального рыбоводства. В 2014 году из-за прекращения поставок по Северо-Крымскому каналу Крым потерял более половины ресурсов пресной воды, и объемы пресноводной аквакультуры резко сократились. В результате Черное море стало главным полигоном для организации рыбоводных хозяйств. Сейчас наиболее популярными видами культивирования являются такие обитатели Черного моря, как мидии и устрицы. В последнее время появилось несколько проектов по товарному производству креветки в лиманах на северо-западе Крымского полуострова.

Морские фермы должны не только производить качественную рыбную и морепродукцию, но и быть прибыльными, с высокой рентабельностью. Для этого требуется тщательный выбор и научная оценка не только пригодности самих морских акваторий, но и прилегающих прибрежных территорий, т.е. всего природного морского комплекса. Особенности морских ландшафтов играют ключевую роль при выборе технологий и объектов культивирования. Известно, что глубины от 20 до 50м являются наиболее пригодными для размещения мидийно-устричных ферм и садкового выращивания рыбы. Такие факторы, как состояние рельефа шельфовой и береговой зоны, удаленность от берега 20-50-тиметровых изобат, состав донных грунтов, устойчивые поверхностные и придонные течения, сезонная ветровая нагрузка, являются определяющими для развития морской аквакультуры в различных районах Крыма и Севастополя, а в результате и для социально-

экономической эффективности таких проектов. Так, мелководье и песчаное дно в северо-западной части Крыма в значительной степени ограничивают места возможного размещения хозяйств для выращивания моллюсков. Дело в том, что по своей природе мидии и устрицы – активные фильтраторы, и существует риск попадания твердых частиц песка внутрь моллюсков в периоды штормов и сильного взмучивания воды. Вместе с тем, такие акватории можно рассматривать для культивирования донных или зарывающихся гидробионтов, например, (камбала, креветка, сердцевидка, черенок).

Особенности гидродинамики прибрежных акваторий и состав грунта дна необходимо учитывать на первых этапах проектных и монтажных работ, при подборе конструкций якорных систем, их вес и размер. Например, ровное галечное дно потребует установки винтовых или плуговых якорей, на иловых и песчаных грунтах успешно применяют бетонные массивы. Так, западное и восточное побережье Крыма, включая Севастопольский регион, характеризуется преобладанием каменистой и смешанной структурой морского дна, с четко выраженным уклоном шельфа. Такой ландшафт позволяет устанавливать практически любые типы рыбоводных и мидийно-устричных ферм и, как правило, вблизи от берега, что облегчает их обслуживание, охрану и сбор урожая. На таких хозяйствах можно разводить черноморского лосося и радужную форель, морского карася, и даже осетра.

Таким образом, развитие марикультуры в Крыму – процесс творческий, обусловленный разнообразием природных условий, рельефами дна, гидрологией и гидрохимией морской воды.

РАНЖИРОВАНИЕ ЛОВУШЕК УГЛЕВОДОРОДОВ В КЕРЧЕНСКО-ТАМАНСКОМ РЕГИОНЕ

Гаязова Э.Н., Крылов О.В.

Геологический факультет МГУ имени Ломоносова
gayazo985@yandex.ru

Данная работа посвящена описанию различных классификаций ловушек нефти и/или газа, а также выявлению их принципиальных различий. Ловушка – это часть природного резервуара, в котором нефть и газ могут находиться в гидродинамическом равновесии в количествах, достаточных для образования залежи [1]. То есть, ловушка, заполненная углеводородами, является залежью. Природный резервуар – это геологическое тело, сложенное породами-коллекторами и ограниченное флюидоупором, в котором при прочих благоприятных условиях возможно формирование залежи нефти и газа [1].

Целью поисково-оценочного этапа по установлению нефтегазоносности недр является обнаружение новых месторождений нефти и газа или открытие новых залежей на раннеоткрытых, а также оценка их запасов. Во время этого этапа выявляются объекты поискового бурения, и ведется их подготовка, также идет поиск и оценка запасов месторождения или залежи. Основные изучаемые объекты - это структуры и ловушки.

По результатам исследований выявлено множество различных типов ловушек. В период 60-90-х годов XX века было создано множество классификаций как советскими, так и зарубежными исследователями для того, чтобы структурировать имеющиеся на тот момент знания об известных типах ловушек нефти и/или газа. Каждая классификация индивидуальна и отличается от других признаками, которые лежат в основе подразделений на разных иерархических уровнях.

В предлагаемой работе рассматриваются 5 классификаций ловушек нефти и/или газа: И. О. Брода (1951) [2] по типу природного резервуара; А. А. Бакирова (1960) [3] по происхождению ловушки; А. Леворсена (1970) [1], в основе которой структурно-стратиграфический признак; В. Б. Оленина (1977) [4] по морфологии ловушек, и О. К. Баженовой, Ю. К. Бурлина и др. (2004) [5], основной признак которой – генезис ловушки, но данная классификация отличается от классификации А. А. Бакирова по делению на разных уровнях.

Основным рассматриваемым объектом практической части данной работы является классификация по А. А. Бакирову (1960), которая подробно описывается и иллюстрируется примерами реальных месторождений нефти и газа. Геолог выделяет 4 крупных класса ловушек нефти и/или газа, выделенных по происхождению: структурные, литологические, стратиграфические и рифогенные. Данные классы делятся на группы, которые в свою очередь, включают в себя типы, выделенные по морфологическому признаку.

Данная классификация была применена для ранжирования ловушек и залежей в Западно-Кубанской нефтегазоносной области Азово-Кубанского нефтегазоносного бассейна. Основная нефтеносность здесь связана с песчаниками и алевролитами кайнозойского возраста. Залежи, главным образом, ассоциируются с погребенными

куполами палеогеновых образований, часто осложнённых тектоническими нарушениями; с выклиниванием песчаных пород в нижней части майкопской свиты (олигоцен); с литологическим замещением миоценовых песчаных пластов на склонах диапировых структур (глинистый диапиризм майкопских отложений) [6]. Наиболее широко в кайнозойских породах развиты структурные и литологические ловушки. Среди структурных ловушек значительную роль играют ловушки, приуроченные к антиклинальным структурам - ненарушенного залегания, осложненным разрывными нарушениями или диапиризмом (грязевым вулканизмом). Для литологических ловушек основная роль принадлежит зонам выклинивания пород-коллекторов (смена фациальных условий). Среди наиболее известных месторождений, в пределах которых залежи находятся в ловушках структурного типа, можно отметить Абинское, Азовское, Крымское, Ильская долина, Новоильское (сводовые залежи), Восточно-Чумаковское, Абинско-Украинское, Новодмитровское, Зыбза-Глубокий Яр (тектонически нарушенные залежи), Западно-Ахтанизовское, Белый Хутор, Западно-Нефтяное, Курчанское, Анастасиевско-Троицкое (диапировые структуры). К литологическим ловушкам приурочены залежи таких месторождений, как Асфальтовая гора, Нефтегорское, Куринское (выклинивание).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-45-920073)

Литература

1. *Леворсен А. И. Геология нефти и газа / Науки о Земле, т. 22 - М.: Изд-во Мир, 1970. - 640 с.*
2. *Брод И. О., Еременко Н.А. Основы геологии нефти и газа - М.: Изд-во МГУ, 1953 г. – 338 с.*
3. *Бакиров А. А., Табасаранский З. А. и др. Геология и геохимия нефти и газа - М.: Недра, 1982 – 288 с.*
4. *Оленин В. Б. Нефтегеологическое районирование по генетическому принципу - М.: Недра, 1977 – 224 с.*
5. *Баженова О. К., Бурлин Ю.К., Соколов Б.А., Хаин В.Е. Геология и геохимия нефти и газа - М.: МГУ, 2004 – 415 с.*
6. *Яндарбиев Н.Ш., Козлова Е.В., Фадеева Н.П., Крылов О.В., Наумчев Ю.В. Геохимия углеводородов Терско-Каспийского прогиба. Георесурсы, 2017, Спецвыпуск, том.2, с.227-239.*

ГЛУБИННЫЕ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В КРЫМУ

Десятов Д.О.

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
dima10des@gmail.com

В связи с активным развитием инфраструктуры в Крыму в последние годы не теряют актуальности исследования глубинного строения Крымского полуострова. Застройка южного побережья, прокладка транспортных путей в условиях активной геодинамической обстановки требует изучения структурного строения региона, наблюдение за флюидным и реологическим режимом недр.

Одним из основных методов электроразведки для глубинных исследований является метод магнитотеллурического зондирования (МТЗ).

В течение длительного периода изучение глубинного строения Крымского полуострова методами электроразведки проводили Крымская геофизическая экспедиция, трест «Днепрогеофизика» и Институт геофизики АН Украины [Рокитянский, 1975; Кулик и др., 1984; Бурьянов и др., 1985].

В 1979 г. объединением «Укргеофизика» были выполнены региональные электроразведочные исследования методом ГМТЗ на профиле Керчь - Джанкой – Тарханкут [Бородулин М.А. и др., 1980].

В период 1959 – 1965 гг. кафедрой геофизики геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова проводились работы методом ДЭЗ по профилю Ялта – Новопавловка под руководством В.К. Хмелевского [Хмелевской и др., 1997]. Результатом работ стал геоэлектрический профиль глубиной около 6 км.

Начиная с 2007 по 2013 г.г. Институтами НАН Украины были выполнены современные экспериментальные МТ/МВ исследования в Крыму. Аномалии высокой электропроводности в земной коре и верхней мантии подтверждают связь сейсмичности Крымского региона с проявлением коллизионных процессов [Бурахович и др., 2016].

Новый этап глубинных исследований методом МТЗ в Крыму начался в феврале 2016 г., когда геофизической компанией ООО «Северо-Запад» совместно с кафедрой Геофизических методов исследования земной коры МГУ имени М.В. Ломоносова были выполнены экспериментальные работы методом магнитотеллурического зондирования (МТЗ) в Крыму [Десятов Д.О. и др., 2019]. Зондирования проведены по рекогносцировочному профилю 1KR (Ялта - Новоселовка) в объеме 30 физических точек. Используемая в ходе работ аппаратура, методы и программы для обработки и анализа МТ данных, а также для решения прямых и обратных задач, отвечает современному мировому уровню. Целью исследования являлось изучение глубинного геологического строения Горного Крыма. По результатам исследования проведена геолого-геофизическая интерпретация МТ-данных с привлечением априорной геологической и геофизической информации [Десятов Д.О. и др., 2018].

Одним из главных результатов МТЗ в Горном Крыму в 2016 г. стало уточнение структуры Бодракского разлома (сброса). Ранее эта структура была прослежена по геоэлектрическим данным до глубин 4-5 км, по разлому кровля высокоомных палеозойских пород Лозовской зоны опущена на 1 км по отношению к Горно-Крымской зоне [Хмелевской и др., 1997]. По новым данным МТЗ разлом прослеживается на глубину свыше 30 км, он круто падает на северо-запад под углом 80-85°.

На глубинах 4-15 км в Лозовской зоне вблизи Бодракского разлома обнаружена аномалия электропроводности, предположительно связанная с зоной трещиноватости, насыщенной флюидом.

В докладе представлены результаты приведенных выше электроразведочных работ. На основании этих данных построена карта суммарной продольной проводимости на всю территорию Крымского полуострова.

Литература

1. *Бородулин М.А., Масленникова Н.П., Гордон-Яновский Ф.А., Креймер С.Г. Отчет о региональных сейсморазведочных исследованиях ГСЗ по профилю Керчь – Джанкой – Тарханкут за 1979 г. (раающы Джанкойской сейсмической партии 273/79) (в 4-х томах). Новомосковск, 1980 г.*
2. *Бурахович Т.К., Кушнир А.Н., Николаев И.Ю., Шеремет Е.М., Ширков Б.И. Результаты экспериментальных электромагнитных исследований Крымского региона// Геоф. Журн. 2016. № 2. с. 57-78;*
3. *Бурьянов В. Б., Гордиенко В. В., Завгородняя О. В., Кулик С. Н., Логвинов И. М. Геофизическая модель тектоносферы Украины. Киев: Наук. думка, 1985. 212 с;*
4. *Десятов Д.О., Пушкарев П.Ю., Рокитянский И.И., Яковлев А.Г. Магнитотеллурические зондирования на профиле Ялта-Новоселовка в Крыму //Геофизика, 2019, №1, с. 13-20;*
5. *Десятов Д.О., Пушкарев П.Ю., Стафеев А.Н., Яковлев А.Г., Кулибаба А.С. Модель глубинного строения Юго-Западного Крыма по геоэлектрическим данным. Статья в сборнике Проблемы тектоники и геодинамики земной коры и мантии. Том 1. Материалы L Тектонического совещания, ГЕОС, Москва, том 1, 2018. с. 146-150*
6. *Кулик С. Н., Бурахович Т. К. Глубинное магнитотеллурическое зондирование Тарханкутского полуострова. Докл. АН УССР. Сер. Б. 1984. № 12. С. 15—18;*
7. *Рокитянский И. И. Исследования аномалий электропроводности методом магнитовариационного профилирования. Киев: Наук. думка, 1975. 279 с;*
8. *Хмелевской В.К., Кузьмина Э.Н. Глубинное строение Горного Крыма по данным электроразведки. // Очерки геологии Крыма. Вып. 1. – М.: изд. Геол. Ф-та МГУ. 1997. с. 177-1864.*

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ОЗЕРА ЧОКРАК В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ (КЕРЧЕНСКИЙ П-ОВ)

Дикарёв В.А.

Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
vasdikarev@yandex.ru

Около 10000 лет назад Черное море вновь соединилось со Средиземным через пролив Босфор, и водный баланс Черноморо-Азовского бассейна пришёл в равновесие с Мировым Океаном. Повышение уровня моря в голоцене в значительной степени затронуло побережья внутренних морей, где оно повлекло за собой серьёзные изменения их конфигурации в результате затопления шельфа и активизации береговой абразии. В частности, мелководное Азовское море, берега которого сложены в основном рыхлыми отложениями, претерпело значительные изменения в положении его береговой линии морфологии берега.

В Северном Причерноморье Керченский и Таманский полуострова отделяют Азовское море от Черного. Оба моря соединены небольшим Керченским проливом (ранее, так называемый, Киммерийский Босфор), который также сейчас является границей между Азией и Европой. Западное побережье пролива принадлежит Керченскому полуострову, который является самой восточной частью Крыма. Многочисленные древние поселения на Керченском полуострове показывают, что эта территория была заселена и была локальным центром цивилизации на протяжении тысячелетий. Самые ранние стоянки относятся к позднему палеолиту и мезолиту. Эти небольшие поселения, как правило, расположенные в центральной части Керченского полуострова. Тем не менее, подобные стоянки могут быть также и на шельфе Черного моря, который был затоплен в результате послеледникового повышения уровня.

В этом исследовании мы сосредоточились на соленом озере Чокрак, которое находится в северной части Керченского полуострова. В настоящее время акватория озера отделена от Азовского моря неширокой пересыпью. Небольшой полуостров вдаётся в озеро с южной стороны. На оконечности полуострова в 1-м тысячелетии до нашей эры было основано древнегреческое поселение. Мы реконструировали палеогеографическую и экологическую обстановку озера Чокрак в середине и конце голоцена. Результаты показывают значительные изменения в палеогеографии озера со времени 3-го тысячелетия до нашей эры, когда послеледниковая трансгрессия начала заполнять Азовское море в изучаемом регионе. Анализ микрофауны показывает длительное сохранение открытого морского залива, который отделился от Азовского моря только в конце 2-го тысячелетия до н.э. после образования песчаной пересыпи. Греческие поселенцы, колонизируя Черноморский регион, начиная VII века до нашей эры, возвели укрепление с небольшим поселением на мысе, который к тому времени представлял собой полуостровоподобный мыс, уходящий в озеро [5]. Колонисты покинули свое поселение в конце 1-го тысячелетия до нашей эры, когда глубина озера уменьшилась с 1,5 м до менее чем 1 м. Результаты основаны на седиментологических исследованиях и бурении, проведенных на песчаном баре, отделяющем озеро Чокрак от Азовского моря, и в соседней лагуне. Это исследование

было проведено в сотрудничестве с археологическими раскопками профессора Масленникова в северной части Керченского полуострова [3].

История Черного и Азовского морей имеет множество противоречивых концепций среди исследователей. Для Черного моря кривые изменения уровня моря имеют несколько основных трансгрессивно-регрессивных циклов в голоцене. Некоторым из циклов были даны названия, например, «Новочерноморская трансгрессия», затем«Фанагорийская регрессия» (в 1-м тысячелетии до нашей эры) за ней следует «Нимфейская трансгрессия», которая, была по мнению авторов её открывших уже в нашей эре. Однако ни одно из этих колебаний уровня никогда не было обнаружено в Средиземном море, хотя оба моря были соединены как минимум с 7-го тысячелетия до нашей эры[2].

Положение многих греческих поселений вдоль берегов Азовского моря подтверждает присутствие навигабельного морского бассейна в 1-м тысячелетии до нашей эры. В противном случае падение уровня вынудило бы поселенцев перенести свои портовые сооружения на расстояние не менее нескольких сотен метров (возможно, даже километров) в сторону моря из-за чрезвычайно мелкого шельфа Азовского моря. Это никогда не было подтверждено в археологических раскопках или в исторических источниках. Все исследования изменений уровня моря в данном регионе были сосредоточены главным образом на Таманском полуострове, то есть на восточной стороне Керченского пролива. Эволюция уровня моря вокруг Керченского полуострова была исследована в очень ограниченной степени [1]. В данный момент кривая относительного уровня моря может быть восстановлена на основе изучения осадков озера Чокрак.

В настоящее время можно утверждать, что около 3000 г. до н.э. уровень моря был примерно на 7 м ниже, чем сегодня у песчаного бара Чокрака. К тому времени преобладали мелкие морские условия, которые продолжались до начала 1-го тысячелетия до нашей эры. После этого началось формирование песчаного бара (пересыпи), скорее всего, в VIII веке до нашей эры. Окончательно он сформировался в V веке н.э. Уровень моря достиг своего самого высокого положения в современное время. Начиная с 3-го тысячелетия до н.э. уровень моря непрерывно повышался. Каких-либо из ранее обозначенных циклов регрессий или трансгрессий обнаружить не удалось. Кривая изменения уровня показывает скорости оседания на коротких отрезках в относительно стабильных районах, превышающие 40 см за 1000 лет.

Подводя итоги, мы можем реконструировать палеогеографию для нескольких временных интервалов. Около 3000 лет до н. э. послеледниковая морская трансгрессия достигла района озера Чокрак. Древняя береговая линия была расположена между полуостровом Чокрак и песчаным баром, отделяющим озеро от моря в настоящее время. После 2000 гг. до н. э. замедление подъема уровня моря привело к образованию песчаных кос с востока и запада от залива. Около 1000 гг. до н.э. продолжающаяся трансгрессия и морская абразия привели к образованию полуострова оз. Чокрак. Когда греки построили на нём свое поселение в середине 1-го тысячелетия до нашей эры, полуостров был окружен морем с глубиной воды не более 1,5 м. Связь озера Чокрак с Азовским морем не была постоянной. Небольшие судоходные каналы быстро перекрывались осадками, приносимыми вдольбереговым переносом. В следующем тысячелетии, до V века нашей

эры, залив становился все более и более мелким; летом он, вероятно, высыхал, как и сегодня. Проливные дожди вызвали эрозию, которая наполнила озеро осадками, что привело, и до сих пор приводит, к его заилению. Эволюция озера объясняет причину упадка поселения на полуострове Чокрака. Из-за продолжающегося процесса заиления участок утратил свое первоначальное стратегическое преимущество. Другие поселения вдоль Северного побережья Керченского полуострова (например, на мысе Зюк) взяли на себя его функции.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-05-00296 Керченский пролив в условиях глобальных изменений климата (поздний плейстоцен-голоцен).

Литература

1. *Danovskiy A., Dikarev V., Kovalchyk A., Maslennikov A.A. Complex archaeological and geomorphological studies on the northern coast of Kerchenskiy peninsula (Crimea, Ukraine). — In Extended Abstracts of the Fifth Plenary Meeting and Field Trip of IGCP 521 "Black Sea-Mediterranean corridor during the last 30 ky: sea level change and human adaptation," and INQUA 0501 "Caspian-Black Sea-Mediterranean Corridor during the last 30 ky: sea level change and human adaptive strategies" (Canakkale, Turkey, August 22–31, 2009) (pp. 55–57). Izmir: DEU Publishing House.*
2. *Fouachea E., Kelterbaum D., Brückner H., Lericolais G, Porotov A., Dikarev V. The Late Holocene evolution of the Black Sea – a critical view on the so-called / Quaternary International, Pergamon Press Ltd. (United Kingdom) 2012, vol. 266, pp. 162-174*
3. *Kelterbaum D., Brückner H., Dikarev V., Gerhard S. et al. Palaeogeographic Changes at Lake Chokrak on the Kerch Peninsula, Ukraine, during the Mid- and Late-Holocene // Geoarchaeology - An International Journal, John Wiley & Sons Inc. (United States) 2012, vol. 27, № 3, pp 206-219*
4. *Дикарёв В.А. Проблема фанагорийской регрессии Черного моря/Вестник Московского университета, Серия 5: География, издательство Изд-во Моск. ун-та, М. 2011, № 1, с. 35-40*
5. *Масленников А.А. Эллинская хора на краю Ойкумены, М.: Индрик, 1998. 304 с.*

ГИДРОТЕРМАЛЬНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ БИОМАССЫ ВОДОРОСЛЕЙ CHLORELLA SP. И ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ОБРАЗОВАНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОЙ НЕФТИ

Ермина О.С.[1], **Бычков А.Ю.**[1,2]

[1] *Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова*
[2] *Институт геохимии и аналитической химии РАН имени В.И. Вернадского*
andrewbychkov@rambler.ru

В последнее время активно изучаются альтернативные источники энергии. В связи с этим было проведено множество работ по преобразованию водорослей в нефть. Изучались оптимальная температура гидротермального преобразования водорослей [3-5], влияние катализаторов [1], скорости нагрева [2], сравнивались выходы нефти из разных видов водорослей [5, 7], а также отбиралась и изучалась газовая фаза [6, 8]. Для полученных углеводородов в данной работе используется термин «нефть», но состав органики получаемых продуктов еще детально не изучался. В качестве исходной биомассы выбраны водоросли Chlorella sp. Этот вид водорослей легко культивируется, а сами водоросли являются в природе исходным материалом для нефти. Цель работы – выявить закономерности образования нефти и газа из биомассы водорослей Chlorella sp. при гидротермальном преобразовании, а также изучить распределение элементов в системе вода-биомасса-нефть и изотопный состав углерода в биомассе водорослей и в полученной нефти.

Было проведено 5 серий экспериментов по гидротермальному преобразованию водорослей Chlorella sp. в таблетках при различных температурах (от 250 до 350°C) и давлении насыщенного пара воды. Серия С-1 – кинетическая, серия С-3 с различными минеральными фазами, С-5 – с многоэлементным раствором, С-6 – с подкисленным раствором хлорида никеля, а С-7 кинетическая серия при разных температурах и с отбором газовой фазы. Нефть серий С-5 и С-6, а также биомасса водорослей анализировались рентгенофлуоресцентным методом на приборе Niton FXL-950. Был проведен изотопный анализ углерода нефти серии С-3 и биомассы водорослей.

Все эксперименты проводились в автоклавах объемом 20 мл в лаборатории кафедры геохимии МГУ. Водный раствор и водоросли (в некоторых экспериментах с минеральными фазами) помещались в автоклавы. Затем они закрывались и ставились в печь при определенной температуре на определенное время. После чего вынимались, охлаждались и вскрывались. Экстракция нефти для серий производилась по-разному. В сериях С-1, С-3, С-5 и С-6 в автоклав заливалось 5 мл гексана, затем их содержимое перемещалось в делительную воронку, где органический слой с гексаном отделялся от водного раствора. Далее он переносился в стаканы объемом 15 мл и упаривался. Затем определялась масса нефти. В некоторых экспериментах серии С-7 в автоклавы вместо гексана заливался хлороформ, далее проводились те же действия. А в остальных экспериментах содержимое автоклава выливалось в бюкс, остаток заливался 5 мл хлороформа и также переводился в бюкс. Затем из-под слоя углеводородов с хлороформом шприцом отбирался водный раствор, а остаток выпаривался под тягой, взвешивался и переводился в банки с крышками

для хранения. Забор газа для серии экспериментов С-7 производился следующим образом. Для этого автоклавы доставались из печи и ставились в кан с холодной водой. Под водой автоклав накрывался воронкой, на которую надевалась пробирка. В нее поступал выделившийся газ. С помощью пробирки определялся объем газа. Затем газ шприцом переводился в пробирки с рассолом для хранения. Далее автоклавы вскрывались и производилась экстракция нефти. Для серии С-1 и С-3 определялось соотношение мальтенов и асфальтенов в нефти. Для этого в стаканы с нефтью сначала заливался сорокократный объем гексана, затем, через сутки, все профильтровывалось через бумажный фильтр в бюкс – так получали мальтены, а остаток заливался хлороформом и также профильтровывался в другой бюкс – так получали асфальтены. Далее экстракты упаривались и определялись количества мальтенов и асфальтенов весовым методом.

Результаты показали, что выход нефти уменьшается при увеличении продолжительности экспериментов, зато качество нефти при этом улучшается. Минеральные фазы улучшают качество нефти, а уменьшение выхода нефти, возможно, связано с сорбцией нефти на поверхности минеральных фаз. Изотопный состав углерода показал, что и мальтены, и асфальтены обогащены легким изотопом углерода относительно исходной биомассы, но мальтены в большей степени. Анализ содержания элементов в продуктах эксперимента показал, что Zn, Ni, Fe, Ca, K, S и Cu распределяются в нефть. В биомассе водорослей Chlorella Sp. содержатся Zn, Fe, Ca, K и S. Следовательно, Ni и Cu переходят в нефть из раствора. Также была проведена серия экспериментов с подкисленным раствором хлорида никеля. Количество Ni в нефтях возрастает по мере увеличения добавляемого количества Ni в растворе. Выход нефти увеличивается в ряду: 350 < 300 ≤ 250˚С. Выход газа увеличивается в ряду: 350 < 250 < 300˚С. При увеличении продолжительности экспериментов количество выхода нефти уменьшается, а газа – увеличивается.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 18-05-00818.

Литература

1. *Anastasakis K., Ross A.B. Hydrothermal liquefaction of the brown macro-alga Laminaria Saccharina: Effect of reaction conditions on product distribution and composition // Bioresource Technology 2011, 102, pp. 4876–4883*
2. *Bach Q.-V., Sillero M.V., Tran K.-Q., Skjermo J. Fast hydrothermal liquefaction of a Norwegian macro-alga: Screening tests // Algal Research 2014, 6, pp. 271–276*
3. *Biswas B., Kumar A.A., Bisht Y., Singh R., Kumar J., Bhaskar T. Effects of temperature and solvent on hydrothermal liquefaction of Sargassum tenerrimum algae // Bioresource Technology 2017, 242, pp. 344-350*
4. *Chen W.-T., Zhang Y., Zhang J., Yu G., Schideman L.C., Zhang P., Minarick M. Hydrothermal liquefaction of mixed-culture algal biomass from wastewater treatment system into bio-crude oil // Bioresource Technology 2014, 152, pp. 130–139*
5. *Chiodo V., Zafarana G., Maisano S., Freni S., Urbani F. Pyrolysis of different biomass: Direct comparison among Posidonia Oceanica, Lacustrine Alga and White-Pine // Fuel 2016, 164, pp. 220–227*
6. *Fahmy, T.Y.A., Fahmy, Y., Mobarak, F., El-Sakhawy M., Abou-Zeid R.E. Biomass pyrolysis: past, present, and future // Environ Dev Sustain (2018). https://doi.org/10.1007/s10668-018-0200-5*
7. *Reddy H.K., Muppaneni T., Ponnusamy S., Sudasinghe N., Pegallapati A., Selvaratnam T., Seger M., Dungan B., Nirmalakhandan N., Schaub T., Holguin F.O., Lammers P., Voorhies W., Deng S. Temperature effect on*

hydrothermal liquefaction of Nannochloropsis gaditana and Chlorella sp. // Applied Energy 2016, 165, pp. 943–951

8. *Yanik J., Stahl R., Troeger. N., Sinag A. Pyrolysis of algal biomass // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 103, 2013, pp. 134–141*

УСЛОВИЯ И ОСОБЕННОСТИ ЭКСГУМАЦИИ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ КОЛЛИЗИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ В ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКОЕ ВРЕМЯ

Завьялов С.П.

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
serhantes91@gmail.com

Одной из не до конца решенных проблем изучения коллизионных процессов в докембрийское время является образование и развитие ультравысокобарных метаморфических комплексов, которые на сегодняшний день считаются надежным индикатором коллизии и континентальной субдукции в частности.

В данной работе приводятся результаты суперкомпьютерного петрологически-термомеханического моделирования, на основе которых построены PTt-тренды при различных коллизионных обстановках и исследованы особенности и условия эксгумации пород континентальной окраины в пост-коллизионной стадии.

Были рассмотрены модели с различным соотношением кислых и основных пород в составе континентальной коры. При строении коры, в котором преобладают кислые породы (более 70%), континентальная субдукция на значимые глубины и следующая за ним эксгумация - довольно редкий и очень скоротечный процесс. При этом, стоит отметить, что эксгумация этих немногочисленных экземпляров происходит чрезвычайно быстро и превышает по скорости 20 см/год. При континентальной коре с основным нижним слоем континентальная субдукция гораздо более стабильная и обширная даже в палеопротерозойских условиях. В среднем, около 5-10% пород континентальной окраины во время коллизии достигают эклогитовой фации метаморфизма. Тем не менее, данные показатели несравнимо малы с аналогичными показателями фанерозойской коллизии и уступают им более, чем в 4 раза. Степень эксгумации и в том, и в другом случае сопоставима и составляет примерно 83%. Также, наблюдаются существенные различия баротермальных условий субдуцированных крустальных пород. Так, породы при древней коллизии подвергались давлению до 4.5 ГПа, в то время как при современной - 3.5 ГПа. Отличия есть и в температурных диапазонах: пород континентальной окраины при фанерозойской коллизии на протяжении всей своей миграции достигали отметок не выше 600°C, а при палеопротерозойской на завершающих стадиях их значениях достигали 900°C.

Результаты моделирования показали значительное влияние мощности литосферы на степень эксгумации пород континентальной окраины. Выявлено, что для эксгумации пород толщина континентальной литосферы должна быть не менее 120 км. Так, при относительно малой мощности (100 км) в условиях температурного режима, соответствующего палеопротерозойскому времени, а также присущей ему мощной океанической коре (20 км), происходит быстрый отрыв слеба до момента субдукции крустальных пород на значительные глубины. При дальнейшем увеличении мощности литосферы происходит обратная зависимость: чем толще континентальная литосфера, тем меньше пород достигают субповерхностных глубин.

Таким образом, можно сделать вывод, что образование ультравысокобарных докембрийских метаморфитов наиболее вероятно при маломощной литосфере, которая, тем не менее, должна быть толщиной не меньше 120 км.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ (УПРУГИХ) СВОЙСТВ ИЗВЕСТНЯКОВ ПО КЕРНУ ОТЛОЖЕНИЙ ТУРНЕЙСКОГО ЯРУСА

Зиганшин Э.Р., Нугманов И.И.

Казанский (Приволжский) Федеральный университет
eduard-ziganshin@mail.ru

Существует множество петрофизических моделей, как эмпирических, так и теоретических, при помощи которых можно получить синтетические данные упругих параметров, зная фильтрационно-емкостные свойства, минералогический состав, степень и характер насыщения [4, 5, 6, 7, 8, 11, 13]. При этом сохраняется актуальной проблема высокой неоднородности, которая не позволяет установить четкую корреляционную зависимость между акустическими и фильтрационно-емкостными свойствами [1]. Это в свою очередь вызывает трудности при выборе оптимальной модели для петроупругого моделирования.

Целью работы является комплексное петрофизическое исследование керна и выбор оптимальной модели рок-физики для данного объекта исследований.

Лабораторные измерения были выполнены по 53 образцам керна, который был отобран из продуктивной толщи известняков верхнетурнейского подъяруса, с глубин 1144 – 1158м.

Комплекс петрофизических исследований включал в себя следующее: пробоподготовка, экстрагирование, определение пористости и проницаемости по газу, определение минерального состава изучаемых образцов на рентгеновском дифрактометре, исследование акустических свойств образцов керна в условиях, моделирующих пластовые.

Как и ожидалось, на графиках зависимости «скорость-пористость» наблюдался большой разброс значений. При одной и той же пористости 10% скорость продольной волны варьировала в диапазоне от 4200 до 5500 м/с. Это свидетельствует о сложной структуре порового пространства, которую очень важно учитывать при моделировании упругих свойств.

Было проведено моделирование упругих свойств эмпирическими и теоретическими методами. Эмпирическое моделирование сводилось к оценке Kdry – объемного упругого модуля сухой породы. При проведении эмпирического моделирования модуль упругости вычислялся тремя различными методами: Гирцма (1961 г.), Криф и др. (1990 г), Нур и др. (1991 г.) [5, 7, 11]. Все эти методы используют значения пористости, определяют коэффициент Био (β) [3], и затем вычисляется модуль упругости. По результатам сравнительного анализа, наиболее оптимальной для оценки коэффициента Био является уравнение Нура [11], данная модель имеет максимальную сходимость с лабораторными данными. Модель Гирцма выдает завышенные значения, а модель Крифа – заниженные по сравнению с лабораторными исследованиями. Однако, для карбонатных пород, имеющих сложное строение порового пространства, эмпирическое моделирование оценки упругих свойств является наименее результативным по сравнению с теоретическим моделированием.

Теоретические модели эффективных сред представляют собой многомерные зависимости между упругими модулями (объемный модуль сжатия – K; модуль сдвига – μ), а также объемной плотностью, минеральным составом, насыщением и геометрическими свойствами порового пространства [2, 9, 13] и характером взаимоотношения контактов зерен между собой [12].

Оптимальной моделью рок-физики была выбрана дифференциальная модель эффективной среды (Differential effective media - DEM) [10]. Моделирование проводилось в программном продукте Power Log компании CGG. Для этого использовался модуль RPM (Rock Physics Module). В дифференциальной модели эффективной среды (DEM) учитывается один из самых важных параметров, который вносит большой вклад в значения упругих свойств – формы порового пространства. Данный параметр количественно оценивается как аспектное отношение пор (АОП). Используя допущение об эллипсовидной форме пор, параметр АОП представляет собой отношение короткого радиуса эллипса к его длинному радиусу и изменяется в диапазоне значений от 0 (трещины) до 1 (поры сферической формы). Важно, что параметр АОП является упрощенным (модельным) способом описания формы пор, который связывает петрофизические свойства породы и его структурно-текстурные особенности.

Как и ожидалось, полученные результаты имеют лучшую сходимость по сравнению с данными эмпирического моделирования (R2=0,62). В данном случае для исследуемой группы образцов значение АОП равно 0,13.

По результатам, изложенным в работе можно констатировать следующее: эмпирическое моделирование упругих свойств не учитывает многих параметров, которые значительно влияют на распространение скоростей упругих волн. К этим свойствам относятся объемная доля минералов, слагающих породу, упругие свойства насыщающего флюида и форма порового пространства. Поэтому применение теоретического моделирования для карбонатных пород является более корректным. Полученные результаты раскрывают возможности эмпирического и теоретического моделирования, которые подтверждаются результатами лабораторных исследований. Они могут послужить основой для выбора метода моделирования рок-физики в сложных карбонатных породах.

Литература

1. *Anselmetti, F.S., Eberli, G.P [1993] Controls on sonic velocity in carbonates. Pure Appl. Geophys. 141, 287–323.*
2. *Berryman, J.G. [1981] Elastic wave propagation in fluid-saturated porous media // J. Acoust. Soc. Am., Vol. 69, 416–424.*
3. *Biot, M.A. [1956] Theory of propagation of elastic waves in a fluid-saturated Porous Solid (I. Low frequency range, II. Higher frequency range). J. Acoust. Soc. Amer, 28, 168-181.*
4. *Gassmann, F. [1951] Uber Die elastizitat poroser medien. Vier der Natur. Gesellschaft in Zurich, 96, 1–23.*
5. *Geertsma J. [1961] Velocity-log interpretation: The effect of rock bulk compressibility. Soc. Pet. Eng. J, 1, 235-248.*
6. *Hashin, Z. and Shtrikman, S. [1963] A variational approach to the elastic behavior of multiphase materials. J. Mech. Phys. Solids, 11, 127–140.*
7. *Krief, M., J. Garat, J. Stellingwerff, and J. Ventre [1990] A petrophysical interpretation using the velocities of P and S waves (full waveform sonic). The Log Analyst, 31, 355–369.*
8. *Kumar M, and Han D H [2005] Pore shape effect on elastic properties of carbonate rocks Society of Exploration Geophysicists, Expanded Abstracts 1477–1480*

9. *Kuster G.T, Toksoz M.N. [1974] Velocity and attenuation of seismic waves in two-phase media. Geophysics, Vol. 39, pp. 587–618.*
10. *Mavko, G. and Mukerji, T. [1998]. Bounds on low-frequency seismic velocities in partially saturated rocks. Geophysics, 63, 918–924.*
11. *Nur, A. and J. D. Byerlee [1971] An exact effective stress law for elastic deformation of rock with fluids. Journal of Geophysical Research Solid Earth. 76, 6414–6419.*
12. *Wang, Z. and Nur, A. [1992] Seismic and Acoustic Velocities in Reservoir Rocks, vol. 2, Theoretical and Model Studies // Soc. Expl. Geophys., Geophysics Reprint Series. Tulsa, OK: Society of Exploration Geophysicists*
13. *Xu S and Payne M A [2009] Modeling elastic properties in carbonate rock The Leading Edge pp 66-74*

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА РЕЛЬЕФА БОЛЬШОГО СЕВАСТОПОЛЯ

Зорина В.В.

Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова в городе Севастополе
victoria.zorina10@gmail.com

Визуальное представление взаимосвязей между формами рельефа, их геологической структурой и процессами, изменяющими облик, является одним из наиболее актуальных направлений современных геолого-геоморфологических исследований. Также существенным достижением в этой области является использование геоинформационных систем (ГИС) и аэрокосмических методов, которые способны не только анализировать количественные характеристики рельефа, но и являться инструментом для нахождения связей с его качественными характеристиками и генезисом происхождения. Поэтому следует выделить морфометрический анализ рельефа, использующий измерения различного рода и характера: углы наклона поверхности, экспозиция склонов, расчлененность и пересеченность рельефа, и прочие. Используя Quantum GIS и SAGA GIS, на основе морфометрии и цифровой модели рельефа ASTER GDEM V2, была разработана методика анализа, результатом которого стала схема эколого-геоморфологического районирования морфодинамических процессов – явлений, способных нарушить естественные формы рельефа и условия залегания горных пород.

Рельеф Большого Севастополя обладает исключительным разнообразием форм, сосредоточенных на небольшой по площади территории, перетерпел не только природные преобразования, но и антропогенные, поэтому именно Севастополь послужил объектом для апробации разработанной методики.

Методика районирования включает в себя семь этапов, для каждого из них составлены карта-схемы, которые также являются промежуточным результатом геоинформационного обеспечения пространственного анализа рельефа Большого Севастополя. Таким образом были получены:

- схемы морфометрических характеристик рельефа (углы наклона поверхности, экспозиция поверхности, Terrain Ruggedness Index, Topographic Position Index, LS factor, Convergence Index и др.);
- схема классификации морфокомплексов рельефа Landform Classification;
- схема аккумуляции и денудации продуктов сноса твердого материала;
- оцифрована геологическая карта Севастополя по данным Билецкого, Чайковского (2005) с дополнениями Лысенко (2008) с расширенными атрибутивными данными;
- схемы морфодинамических процессов (затопление, подтопление, эоловые процессы, обвалы, оползни, осыпание, линейная эрозия временных и постоянных водотоков, плоскостная эрозия, карст, суффозия, деформация грунтов, селевые потоки);
- сводная схема суммы опасных морфодинамических процессов на единице территории с анализом потенциальной опасности и «весомости» при разрушениях для каждого процесса;

- схема районирования процессов, исходя из принципа геоморфологического таксономического ранга (совокупности вещества и энергии или выделении не только форм рельефа, но и пространства их генезиса и развития).

Первоначально была использована ландшафтная карта Севастопольского региона (Гришанков, Позаченюк, Панкеева (1984), с дополнениями Кашириной), карта классов морфологических комплектов, полученная на одном из этапов апробации методики, геоморфологическая карта Крыма для морфогенетической классификации. Формы рельефа – как вещество в геоморфологическом таксономическом ранге – представляются тем косвенным актором, провоцирующим развитие морфодинамических процессов и их же результатом. Опасные процессы, подобно энергии, не только изменяют формы рельефа, но и их идентифицируют. Поэтому затем был выделен парагенез форм рельефа – сами процессы, схемы пространственного распространения которых были получены благодаря разработанной мтодике. Также отдельно проработаны береговые морфосистемы.

Таким образом, выделены 8 морфоструктур: аллювиально – пролювиальные, слабо наклонные равнины на плиоцен – четвертичных галечниках, аллювиально – пролювиальная наклонная, волнистая равнина на плиоценовых песках и галечниках, холмистые равнины на неогеновых известняках и мергелях, моноклинально – глыбовые низкогорья на верхнемеловых и палеогеновых известняках и мергелях, моноклинально – блоковые и горст – антиклинальные низкогорья на верхнеюрских известняках, эрозионно – тектонические межгорные впадины с низкогорным рельефом на нижнемеловых глинах, низкогорья с древнеоползневыми формами на таврическом флише, террасированные речные долины. Каждая структура подразделена на таксономические единицы низшего ранга – морфоскульптуры. Также на карте присутствуют наиболее распространенные опасные геолого-геоморфологические процессы: гравитационные, включающие в себя обвалы, оползни, осыпи, эоловые, деформацию грунтов, карст, эрозионные (линейная и плоскостная эрозия), аккумуляция продуктов сноса твердого вещества. Римскими цифрами на карте показаны морфоструктуры, морфоскульптуры определены цветовой гаммой – градацией от зеленого для предгорных территорий до оранжевого для низкогорья. Значковое обозначение процессов и типов берегов максимально приближено к способу передачи этой информации на геоморфологических картах (Физико – географический атлас мира, 1964) не только формой знаков, но и цветовой гаммой. Так были выделены следующие генетические типы берегов: абразионно – обвальные, сосредоточенные на севере Севастопольского региона, стабильные аккумулятивные берега в приустьевых зонах рек, абразионные берега, занимающие почти всю незастроенную береговую зону Севастополя, и техногенные берега, как наиболее освоенные и трансформированные антропогенной деятельностью. Результаты эколого-геоморфологического районирования опасных геолого-геоморфологических процессов можно представить в виде таблицы, где каждая морфоскульптура, низший выбранный для анализа иерархический ранг, охарактеризован по проявлению опасных геологогеоморфологических процессов и площади распространения.

Опасные морфодинамические процессы принимают участие в формировании рельефа города. Районирование геолого-геоморфологических опасностей позволяет комплексно подойти к представлению благоприятных / неблагоприятных условий

использования ресурсов. Поэтому оно является важным прикладным аспектом исследования.

ГРЯЗЕВЫЕ ВУЛКАНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ И ПРИБАЙКАЛЬЯ

Исаев В.П., Корольков А.Т.

Иркутский государственный университет
isaevvp@yandex.ru

Выходы горючих газов на Байкале были известны очень давно. Буряты, жившие на его берегах ещё до прихода русских первопроходцев, не случайно назвали его «БайГал», что означает «стоящий огонь» [1]. Видимо, местные жители неоднократно видели катастрофические выбросы метана, который в таких случаях самовозгорается. Самое последнее свидетельство относится к 10-бальному землетрясению вблизи села Оймур на восточном побережье Байкал. По словам В.П. Солоненко, А.А. Трескова, жители показывали руками в сторону эпицентра и говорили: «там светилось небо» [1].

Грязевые вулканы на дне озера, по его берегам и во всех впадинах байкальского типа стали фиксироваться с конца 90-х и в двухтысячных годах различными научными коллективами Иркутска, Москвы, Петербурга, Новосибирска и зарубежными учёными. Первая обстоятельная статья на эту тему вышла в 2001 г. в журнале «Геология нефти и газа» [2]. В настоящее время, благодаря трудам ЛИН СО РАН, ИГХ СО РАН, Иркутского государственного университета (ИГУ), Сибирского филиала «Росгеолфонд», Санкт-Петербургского института «ВСЕГЕИ», на дне Байкала зафиксировано более 50 грязевых вулканов и более сотни донных кратеров с выходами метана.

На дне Байкала самыми крупными являются вулканы «Посольская банка», «Тельнинский», «Новосибирск», «Санкт-Петербург», группа Кокуйских вулканов. Большинство из них приурочено в авандельте Селенги, где накопилась максимальная толщина осадков (около 10 км) и сосредоточено максимальное количество пропарин, обнаруженных во льду озера сотрудниками ИГУ ещё в конце 20-го столетия.

Кроме самого озера, грязевые вулканы зарегистрированы в других впадинах Байкальской рифтовой системы (БРС): Баргузинской и Тункинской. Предполагается также их присутствие в Верхне-Ангарской, Муйской, Чарской, Хубсугульской. В некоторых из этих впадин на космических снимках фиксируются крупные поля песков среди сплошной тайги.

В Баргузинской впадине выявлено четыре газо-грязевых вулкана. Два из них представлены пологими холмами, диаметрами до 15-20 км в основании. Два других имеют меньшие размеры до 2-4 км. Более изучен вулкан Нижний Куйтун, на характеристике которого остановимся подробнее.

Нижний Куйтун представляет собой огромный, совершенно безлесный холм, склоны которого понижаются как к западу в сторону р. Баргузин, так и к северу в сторону р. Аргада. Высота холма относительно русла р. Баргузина составляет 130 м. На карте вся поверхность холма испещрена извилистыми изогипсами. На местности отмечается большое количество чередующихся валов, западин, холмиков и ям диаметром в десятки и сотни метров.

Главной и любопытной геоморфологической особенностью Куйтуна является наличие в его центральной части глубокой бессточной котловины (депрессии). Она имеет по замкнутой изогипсе 500 м размеры – 4 х 1 км. Котловина вытянута с юга на север. В ее пределах находится два озера Нухэ-Нур (по-бурятски «нухэ» - яма, «нур» - озеро) с абсолютной отметкой по карте 487,7 м. Уровень озер всего на 5 м выше русла р. Баргузин, а общая глубина котловины от верхней кромки окружающего вала составляет 75,6 м. Вода в озерах минерализованная. В составе катионов преобладают натрий, калий и магний. Кальция очень мало, что необычно для поверхностных вод. Из анионов присутствуют (в порядке убывания концентраций): гидрокарбонат, сульфат-ион и хлор. Причем, содержание хлора превышает 1,5 г/л, а общая минерализация – более 16 г/л. При изучении котловины установлено.

1. Слагающие котловину отложения не являются озерными, так как горизонтальная слоистость отсутствует.
2. Котловина является бессточной. Её глубина относительно окружающего рельефа достигает 120 м, непосредственно в озерной части – 75,6 м.
3. Питание озер, скорее всего, подземное, глубинное. Об этом свидетельствует состав воды и наличие в газах аномальных концентраций гелия. Атмосферные осадки составляют незначительную часть водного баланса и полностью уходят на испарение.
4. Рыба в озере не водится из-за повышенной солености воды и газовых выделений.
5. Урочище Нижний Куйтун представляет собой поле распространения грязевулканических потоков глины и песка, засыпавших болота и оттеснивших р. Баргузин к Баргузинскому хребту.
6. В пределах Верхнего и Нижнего Куйтунов реки ведут себя одинаково, отклоняясь от кратчайшего направления к р. Баргузин и обтекая поля вулканических наносов слева и справа, как будто эти песчано-глинистые холмы были для них препятствием. То же наблюдается в долине р. Улан-Бурга.
7. Озерная котловина Нухэ-Нур интерпретируется нами как кратер «грязевого» вулкана, к жерлу которого приурочены озера.

Факт присутствия «грязевых» вулканов считается важнейшим признаком высоких перспектив нефтегазоносности территории (или акватории). Теоретическое обоснование «грязевого» (газового) вулканизма сводится к наличию следующих геологических критериев: большая мощность слабо литифицированных осадочных пород, высокий газогенерирующий потенциал недр, наличие современных тектонических процессов, выражающихся через сейсмичность. Все эти признаки есть на Байкале, предполагаются во всех впадинах байкальского типа [2], а также в некоторых межгорных впадинах Забайкалья [3].

Грязевые вулканы во впадинах БРС являются действительно грязевыми только на дне Байкала. В суходолольных впадинах байкальского типа конусы выноса вулканов практически во всех случаях представлены, главным образом, светлым песком. Включения

глинистых и алевритистых обломков были встречены только в вулкане Нижний Куйтун. Для этих глин характерно наличие пирита. Сказанное не позволяет нам именовать вулканы во впадинах байкальского типа «грязевыми». Поэтому предлагается вулканы во впадинах байкальского типа, образованные катастрофическими выбросами газа, называть газо-кластитовыми или газо-псаммитовыми.

Литература

1. *Гурулёв С.А. Что в имени твоём, Байкал? -3-е изд. Дополн. – Иркутск : Оттиск, 2010. – 184 с.*
2. *Исаев В. П. О газовом палеовулканизме на Байкале / В. П. Исаев // Геология нефти и газа. – 2001. – № 5. – С. 45-50.*
3. *Татаринов А. В. Особенности формирования и перспективы на нефть и газ мезозойско-кайнозойских рифтогенных впадин Забайкалья / А. В. Татаринов, Б. Н. Абрамов // Геотектоника. – 2001. – № 4. – С. 55-67.*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНВЕРСИИ АЭРОМАГНИТОМЕТРИЧЕСКИХ И ГРАВИТАЦИОННЫХ ДАННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕТРИВИАЛЬНЫХ РЕФЕРЕНТНЫХ МОДЕЛЕЙ

Каминский В.Ф.

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва

kam2001@mail.ru

Данный доклад является описанием результатов инверсий аэромагнитометрических и гравиметрических данных, полученных в 2016 году в пределах поисковой площади в северном Казахстане. Площадь съемочных работ в первом приближении представляет собой участок шириной 50-52 км, и длиной 52-53 км. Общая площадь территории геологического изучения составляет – 1790 км^2.

Рельеф района равнинный. В пределах исследуемой территории располагается несколько золоторудных месторождений, который согласно классификации золоторудных объектов относятся к золото-кварц-сульфидной рудной формации с золото-арсенопирит-висмутовым типом оруденения. Основное месторождение приурочено к контакту порфиробластовых гранодиоритов и гранитов.

По исследуемому участку был собран комплексный материал геофизических данных. В данный комплекс входили, как данные отчетов комитета геологии по которым были приведены в цифровой формат данные по магнитометрии и гравиметрии. Площадь оцифрованного массива составляет 2 500 км^2 с шагом по профилю 250 метров и межпрофильным шагом в 500 метров.

Полевой материал по магнитометрии состоит из 2 групп:

1. Региональная съемка магниторавзведка

2. Данные по участку детализации

Общая площадь съемки по первой группе составила 1630 км^2, 8983 погонных км, масштаб съемки 1:25 000, высота ВС над рельефом 100 м. Участок детализации имеет площадь порядка 725 км^2, масштаб детализации 1:12 500, межпрофильное расстояние 125 метров.

Данные были подвержены трехмерным инверсиям [1] с целью получения трехмерных моделей распределения магнитной восприимчивости и плотностных характеристик. Далее модели физических свойств были подвержены процессу статистического (автоматического) кластеринга и ручного (с использованием петрофизической априорной информации). Результаты кластеринга были использованы для составления трехмерной псевдолитологической модели и ее анализа с целью прогнозирования по площади исследования.

Литература

1. *Li, Y., & Oldenburg, D. W. (1996). 3-D inversion of magnetic data. Geophysics, 61(2), 394-408.*

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ ПРИ ГИДРОПИРОЛИЗЕ

Кувинов И.В.[1], **Макарова Е.Ю.**[1], **Большакова М.А.**[1] , **Бычков А.Ю.**[1,2] , **Козлова Е.В.**[3]

[1] *Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва*
[2] *Институт геохимии и аналитической химии РАН имени В.И. Вернадского, г. Москва*
[3] *Сколковский институт науки и технологи, (г. Москва)*
Kuwin-igor@yandex.ru

Изучение генерационной способности пород, обогащенных органическим веществом разного генезиса и состава, – тема, которой посвящены многочисленные исследования геохимиков-нефтяников. Понимание того как идет процесс генерации нефти и газа органическим веществом (ОВ) - его скорости этого процесса, взаимосвязи между составом ОВ и фазовым составом продуктов его деструкции критически важно как для количественного, так и качественного прогноза нефтегазоносности. Традиционно выделяются три основных источника ОВ в породах: высшая растительность (гумусовое ОВ), зоо- и фитопланктон (сапропелевое ОВ) и смешанные источники. Считается, что гумусовое ОВ при преобразовании продуцирует преимущественно газовые УВ (метан и его гомологи), а сапропелевое – жидкие УВ.

Нами была проведена экспериментальная работа по изучению способности концентрированного ОВ генерировать нефть. Целью этого эксперимента было оценить способность ОВ разного состава и генезиса к генерации нефти (и косвенно газа). Для исследования были подобраны образцы пород с высоким содержанием органики, при выборе образцов мы обращали внимание на следующие характеристики: содержание в породе органического углерода – отбирали образцы с высоким содержанием ОВ, степень катагенетической преобразованности - предпочтение менее преобразованным, мацеральный состав ОВ – для исследований подбирали образцы с разным содержанием мацералов различных групп.

Исходя из обозначенных соображений, для исследования были выбраны:

янтарь (Калининградская область, Pg, резинит),

гагат (о. Сахалин, Pg, резинит с витринитом),

углистый аргиллит (Печорский бассейн, P1kg, преимущественно инертинит),

угли (Печорский бассейн, P1kg, с содержанием липтинита 25 % и без него) и

горючий сланец (Печора, J3v, альгинит).

Эксперимент выполнялся на геологическом факультете МГУ и в Сколтехе с использованием следующих методов:

• Открытый пиролиз (HAWK, выполнен в Сколтехе);

• Закрытый пиролиз при постоянной температуре в присутствии воды - гидропиролиз;

• Газовая хроматография (газовый хроматограф Clarus 500, Perkin Elmer);

• Углепетрография.

Исследования образцов проводились в следующей последовательности:

1) Макроскопическое описание пород;

2) Углепетрографическое описание пород;

3) Открытый иролиз;

4) Гидропиролиз при температуре 300ºС в течении разного для разных образцов времени (6, 10, 14 и 21 день);

5) Экстракция из смеси воды и породы нефтеподобного вещества, сгенерированного в ходе гидротермального воздействия) , определение его количества весовым методом;

6) Открытый пиролиз пород после гидротермального воздействия;

7) Углепетрографические исследования пород после гидропиролиза

8) Газовая хроматография полученного в ходе эксперимента нефтеподобного вещества;

Такая последовательность исследований позволяет оптически и геохимически оценить изменения (степени зрелости, генерационного потенциала), произошедшие с ОВ при генерации им углеводородных флюидов, а также сравнить молекулярный состав полученного нефтеподобного вещества с природными нефтями.

По итогам проведенной работы можно говорить о том, что наибольшую генерационную способность продемонстрировал янтарь (его исходный HI>900мгУВ/гТОС) —при гидротермальном воздействии на него в течении 6 дней он сгенерировал 596 мг «нефти»/г ТОС. Tmax увеличился с 399 до 422˚С, то есть органическое вещество реализовало свой потенциал не полностью, хотя катагенетическая преобразованность и увеличилась по Tmax катагенез (даже после гидропиролиза) соответствует незрелому ОВ.

Генерационная способность горючего сланца (исходный HI составлял 593мгУВ/гТОС) составила 74,6 мг «нефти»/гТОС при шестидневном гидротермальном воздействии. Показатель Tmax увеличился с 412 до 431˚С, то есть органическое вещество также осталось незрелым.

Гагат (с исходным HI-245мгУВ/гТОС) за 6 дней гидропиролиза сгенерировал 25,6 мг «нефти»/гТОС. Tmax увеличился с 425 до 439˚С – преобразованность соответствует началу нефтяного окна.

Аргиллит с самым низким исходным HI-34мгУВ/гТОС произвел 24,8 мг «нефти»/г ТОС за 6 дней гидропиролиза. Этот образец изначально был наиболее преобразованным из исследованных, его Tmax составлял 470°С и увеличился в ходе эксперимента до 514°С. Слабая генерация может быть связана с большой долей инертинита в исходном веществе и высокой исходной зрелостью.

Уголь (с исходным HI-78мгУВ/гТОС) произвел 3,7 мг «нефти»/гТОС. Tmax увеличился с 453 до 460˚С – органическое вещество угля было исходно преобразовано, что и объясняет слабую генерацию.

Газовая хроматография полученного нефтеподобного вещества показала, что распределение алканов в нем близко к распределениям свойственным естественной нефти. Для янтаря, гагата и горючего сланца – среди алканов нормального строения доминируют четные алканы высокомолекулярной части, отношение Pr/Ph>1, что свойственно нефтям из нефтематеринских пород с низкой степенью зрелости (что согласуется с характеристиками пород из которых были получены эти «нефти»).

Хроматограммы синтетической нефти из угля и аргиллита имеют вид, типичный для природных нефтей, сгенерированных зрелым органическим веществом II-III типа (максимум приходится на C21), что соответствует типу и зрелости пород из которых выделилась эта «нефть» при гидропиролизе.

Углепетрографические исследования показали, что облик органического вещества в образцах изменяется при гидротермальном воздействии – в однородном ОВ появляются трещины, заполненные сгенерированным флюидом (что видно на примере угля и гагата), а ОВ горючего сланца меняет свою форму на менее однородную и более рыхлую.

Таким образом, показана принципиальная возможность генерации нефти углистым ОВ (даже если уголь сложен преимущественно инертинитом, традиционно считающимся «мертвым» керогеном)

Наибольшую генерационную способность показало ОВ липтинитового мацерального состава и наименьшей зрелости.

Дальнейший эксперимент по более длительному гидротермальному воздействию на некоторые образцы показал, что оно не всегда приводит к увеличению количества генерируемой нефти. Например, янтарь при гидропиролизе в течении 10 дней сгенерировал «нефти» больше, чем при шестидневном гидротермальном воздействии, однако более длительное гидротермальное воздействие привело к уменьшению генерации, что вероятно объясняется тем, что в замкнутой системе начинаются процессы вторичного крекинга сгенерированного нефтеподобного вещества.

ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМ ТРЕЩИНОВАТОСТИ УГЛЕЙ НА МАКРО- И МИКРОУРОВНЕ

Кувинов И.В. [1], Макарова Е.Ю. [1], Бычков А.Ю. [1,2]

[1] *Геологический ф-т МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва*
[2] *Институт геохимии и аналитической химии РАН имени В.И. Вернадского, г. Москва*
Kuwin-igor@yandex.ru

Угольный пласт следует рассматривать как нетрадиционный коллектор, который содержит большие объемы метана, пригодного для добычи и утилизации. При этом фильтрационно-емкостные свойстве углей (ФЕС) малы: эффективная пористость углей в среднем меньше 5%, проницаемость меньше 0,1Д. Основной формой нахождения газа в углях является сорбированное состояние на органическом веществе (ОВ), в свободном состоянии находится 3-10% газа в углях, что было показано в многочисленных работах [1,2]. Угольный пласт является объектом для создания резервуара с помощью техногенного воздействия (ГРП, импульсное или сейсмо- воздействие и др. технологии повышения ФЕС). Таким образом, исследование структуры пустотного пространства углей (трещиноватость и пористость вместе) позволяет использовать полученные данные для моделирования воздействия на пласт при его разработке.

Уголь, как природный объект обладает естественной трещиноватостью, образующейся на разных стадиях преобразования органического вещества угля. Системы естественной трещиноватости очень различны и зависят от множества факторов: мацерального состава (зависит от исходной растительности и условий захоронения), зольности, степени метаморфизма угля, удаленности от разрывных нарушений, глубины залегания пласта, присутствия в разрезе магматических пород, напряженности массива горных пород и др.

Были проведены аналитические исследования по образцам углей разного марочного состава, сформированного региональным метаморфизмом, отобранных из разных регионов (марка Д Зашуланское месторождение, марка Ж Печорский угольный бассейн, антрациты бассейна Циньшуй). Подход к классификации размеров пустот в углях различен у разных авторов. Мы в своей работе будем обсуждать в качестве макроуровня – методы изучения (компьютерная макротомография и литологическое описание образцов) без привлечения дополнительных оптических приборов, в качестве микроуровня – исследования с помощью микротомографии и под микроскопом. Такой подход достаточно условен, но отражает основные принципы для создания пространственной модели пустот в углях, которые могут быть вовлечены в создание искусственного угольного резервуара с помощью техногенного воздействия.

Такой подход в настоящее время активно применяется и обсуждается в публикациях [3,4], предлагается сочетать исследования угольного кливажа с применением макротомографии керна и данных ГИС (геофизических исследований скважин). Такое сочетание исследований позволяет выявить открытые трещины в углях, по которым возможно свободное движение газа и характеризует открытую пористость, замеряемую по

газонасыщению. При этом следует учитывать большое количество существенно более мелкоразмерных пустот, содержащих метан в сорбированном состоянии. Именно они составляют основной объем пустотного пространства углей, как было показано по результатам ртутной порометрии (основные пустоты имеют размер менее 0,05 мкм).

По результатам макротомографии были построены пространственные модели трещиноватости образцов, рассчитана их пористость (0,79 – 10,2%), произведено сравнение с данными газонасыщения (от 0,8 до 9,5%) и зольности. Выявлена хорошая сходимость результатов макротомографии и газонасыщенния, оба эти метода определяют открытую пористость. В ходе проведения анализов было отмечено, что пробоподготовка к насыщению по газу трудоемка, в процессе выбуривания цилиндров определенного размера формируются дополнительные техногенные трещины, некоторые образцы разрушаются полностью.

Микротомографические исследования проводились с учетом текстурных особенностей образцов углей. Образцы (1-1,5 см) выбирались в соответствии с выделенными литотипами. Для всех образцов характерно наличие минеральных включений, расположенных по и поперек напластования. Продольные минеральные включения идентифицировались нами, как седиментогенные, с ними практически не связаны микропустоты. Поперечные включения образованы на стадии литификации углей и могут быть соотнесены со скачками углефикации, характеризующими катагенетическую перестройку органического вещества. Детальными исследованиями было выявлено наличие разных по плотностным характеристикам минеральных включений, имеющих разное пространственное положение в образцах. Мы предполагаем, что минерализация связана с формированием катагенных трещин. Вопрос их выполнения минеральными компонентами и времени протекания этих процессов требует дальнейшего изучения.

Нами была поставлена серия экспериментов по гидропиролизу образцов углей разного марочного состава, углистых пород, янтарей и горючих сланцев. В автоклаве, в течение 6 дней, производился нагрев кусков пород (2гр.) при температуре 3000С без доступа воздуха в присутствии дистиллированной воды (5мг). Все исследованные образцы сгенерировали газообразные и жидкие углеводороды в разном объеме.

С точки зрения изучения трещиноватости следует отметить, что в исследованных образцах углей после гидропиролиза образовались дополнительные поперечные трещины (исследовались в аншлифах под микроскопом), вызванные процессами деструкции органического вещества углей. Трещины приурочены к мацералам группы витринита, заполнены сгенерированными УВ, что фиксируется их свечением в ультрафиолетовом свете. Подобный процесс в нефтематеринских породах описывается как микрофлюидоразрыв с образованием микронефти. Образовавшиеся трещины сходны с изученными в природных углях.

При углепетрографических исследованиях аншлифов в простом отраженном свете отмечается приуроченность трещин к микрокомпонентам группы витринита. Увеличесние извилистости трещин, густоты их расположения и наличие соединенных между собой трещин отмечается именно для средних стадий преобразования (марка Ж), что согласуется с опубликованными данными [5].

Таким образом, был проведен комплекс аналитических исследований пустотного пространства углей, созданы объемные модели трещиноватости, доказана возможность образования трещин в процессах катагенеза органического вещества, обнаружены вторичные минеральные включения в углях.

В ходе исследований были выявлены особенности и чувствительность разных примененных методов. Только комплексный подход к изучению пустотности углей позволит создать наиболее достоверную объемную модель трещиноватости с учетом самых мелких пустот. Это необходимо для снижения рисков, связанных с формированием дополнительных техногенных трещин в угольном пласте (группе пластов) при добыче метана.

Учет пространственных неоднородностей, связанных с процессами седиментогенеза и дальнейшей геологической историей развития региона, позволит экстраполировать результаты аналитических исследований, выполненные с различной степенью детальности, на весь угольный пласт (промышленную часть пласта).

Литература

1. *Эттингер И.Л., Шульман Н.В. Распределение метана в порах ископаемых углей. – М.: Недра, 1975. – 112с.*
2. *Rogers, R. E., Kumar Ramurthy, Gary Rodvelt, Mike Mullen. 2007. Coalbed Methane: Principles and Practices Second Edition. Halliburton. Oktibbeha Publishing, LLC, Starkville. 518p.*
3. *Rodrigues, C.F., Laiginhas, C, Fernandes,M. at all "The coal system: A new approach to its study" / Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering 6 (2014) P.208-218*
4. *Martin S. Brook, Bruce W. Hebblewhite, Rudrajit Mitra "Cleat aperture-size distributions: A cause study from the Late Permian Rangal Coal Measures, Bowen Basin, Australia" / International Journal of Coal Geology 168 (2016) P. 186-192*
5. *Аммосов И. И. и Ерёмин И. В. Трещиноватость углей. Изд-во академии наук СССР. 1960. – 110 с.*

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БЮДЖЕТ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВЫСОКОГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Кузнецов А.С.

ФГБУН Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
kuzgeo@gmail.com

Апробация методики энергетического анализа геоморфологических систем проводилась на примере высокогорного района, поскольку протекающие процессы в данных природных комплексах обладают высокой скоростью, а их динамику легко можно сравнивать между собой. Район исследований охватывает северный макросклон горного узла Биш-Иирду Северо-Чуйского хребта, общей площадью 175,0 км2. В пределах исследуемого района расположены 6 горноледниковых бассейнов (Тетё, Актру, Кызылташ, Ян-Карасу, Корумду и Куркурек). Это один из крупнейших центров современного горного оледенения Русского Алтая.

Средние высоты района составляют 3000–3100 м над уровнем моря, максимальные превышают 4000 м (Актру-Баш – 4075 м). В бассейне Актру, при непосредственных параллельных наблюдениях в соседних горноледниковых бассейнах, была установлена репрезентативность различных метеорологических величин и показателей атмосферных явлений. Все горноледниковые бассейны северного макросклона горного узла Биш-Иирду обладают схожими климатическими показателями, такими как: изменение температурного градиента с увеличением высоты (в среднем 0,7°С/100 м); распределение количества выпавших осадков по высотным уровням; приход солнечной радиации; ветровой режим и т.д. [1].

На первом этапе исследования были выделены и охарактеризованы водосборные бассейны северного макросклона горного узла Биш-Иирду как геоморфологические комплексы (геоморфосистемы), которые включают в себя определенный набор взаимосвязанных элементов, обладающий целостностью и закономерностью устройства. Проведена типизация современных геоморфологических процессов исследуемого района для выявления опасных процессов, скорости их протекания и пространственного распространения. Определены морфометрические характеристики участков склонов внутри этих бассейнов и выполнено их картирование [2].

На втором этапе проведена оценка энергии, поступающей от солнца. Солнечная энергия является одним из определяющих факторов во внутриструктурных взаимодействиях, направленности и интенсивности миграции вещества и энергии в геоморфосистемах. Балансовые характеристики прямой, рассеянной и суммарной радиации для склонов различной крутизны и экспозиции были рассчитаны при средних условиях облачности и в отсутствии облачности с использованием актинометрических данных. Выявлены величины притока солнечной энергии для склонов различных экспозиций и крутизны (от 2000 до 5500 МДж/м2) [2].

Дальнейшая работа состоит в определении дополнительного привноса энергии, которая поступает с жидкими осадками на данную территорию. Эту массу можно выразить в виде универсальных единиц энергии в Дж.

В бассейне Актру на основе многолетних наблюдений за осадками на гидрометеорологической станции (ГМС) и на ледниках во время проведения снегомерных съемок, было установлено: 1) на ГМС Актру (2150 м над уровнем моря) среднее количество выпадающих осадков за год составляет 545 мм, но изменяется год от года; 2) в количестве выпадающих осадков прослеживается высотная дифференциация (в ледниковом высокогорье выпадает более 1000 мм) [3]; 3) 75% от общего объема осадков выпадает в теплый период года. Кроме того, в зоне водораздельных гребней до 1300–1500 мм и преимущественно это осадки в твердом виде. Современное положение снеговой линии, которая дешифрируется на космических снимках находится в пределах высот 3000–3200 м [4]. Как правило стабильное выпадение осадков в жидком виде в летнее время наблюдается на высотах ниже 2400 м.

Таким образом, среднее количество выпадающих осадков на всю площадь исследуемого района с учетом их высотной дифференциации будет оставлять 733 мм; положение края нижней облачности в среднем будет находиться на высоте 486 м над подстилающей поверхностью. Таким образом, в среднем за год геомофосистемы будут получать 6,53*108 МДж или 3,74 МДж на 1м2 дополнительной энергии.

Дополнительные привносы энергии могут быть триггерами в проявлении геоморфологических событий на склонах, например, селевой активности, сползанию грунтов и т.д.

Исследование было выполнено в рамках госбюджетной темы АААА-А17-117013050034-9

Литература

1. *Севастьянов В.В. Эколого-климатические ресурсы Алтае-Саянской горной страны. – Томск: ООО “РауШ МбХ”, 2008. – 307 с.*
2. *Невидимова О.Г., Кузнецов А.С. Морфометрическая дифференциация плотности гелиоресурса на северном макросклоне Северо-Чуйского хребта (Горный Алтай) // Современные проблемы науки и образования. 2015, № 2-2. С. 731–731 URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21540 (дата обращения: 21.02.2018).*
3. *Нарожный Ю.К. Внешний массообмен ледников Актру: методика наблюдений, тенденции изменения и климатическая обусловленность // Вестник Томского государственного университета. Томск, изд-во ТГУ, 2001. № 274. С. 13–23.*
4. *Носенко Г.А., Никитин С.А., Хромова Т.Е. Изменение площади и объема ледников Горного Алтая (Россия) с середины XX в. по данным космических съемок // Лед и Снег. 2014. № 2 (126). С. 5-13.*

ПОИСКИ ПОТОКОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В СТЕПНОМ И ГОРНОМ КРЫМУ, ПРИУРОЧЕННЫХ К ЭНДОДРЕНАЖНЫМ СИСТЕМАМ, С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ЕИЭМПЗ.

Кузнецов И.В., Тарасенко В.С., Осыкин М.К.

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма,
Крымская академия наук
inkuznets@gmail.com

Гидрогеологические особенности территории Крымского полуострова позволяют рассматривать подземные воды как стабильный, но недостаточный при современных потребностях источник водоснабжения.

По данным профессора Альбова С. В. в зонах тектонических нарушений в степном Крыму прокарстованность водовмещающих пород основных водоносных горизонтов достигает глубин до 100-120 м. и составляет в среднем в объёме геологического разреза - до 20%. Из опыта проведения практических работ по поиску и добыче подземной воды установлено, что скважина, пройденная вне зоны обводнённого тектонического нарушения, имеет дебит на порядок меньше, чем в обводнённой зоне.

Следовательно, для эффективного поиска и добычи подземных вод в Степном и Горном Крыму необходимо, прежде всего, решать задачу картирования эндодренажных систем, приуроченных к зонам тектонических нарушений и прокарстованных водонасыщенных толщ пород.

Перспективным регионом для поиска дополнительных подземных водных ресурсов является Горный Крым, где формируются области питания основных водоносных горизонтов, а по зонам тектонических нарушений и разломов в прокарстованных толщах пород концентрируются значительные запасы подземных вод. Проведенные геолого-геофизические исследования по поиску подземных вод в Крыму и полученные при этом результаты являются доказательством наличия значительных водных ресурсов в интенсивно прокарстованных толщах пород, приуроченных к тектоническим разломам.

Исследования по картированию перспективных водоносных структур осуществляются с применением экспрессного метода ЕИЭМПЗ (естественного импульсного электромагнитного поля Земли).

В основе способа поиска подземных вод лежит явление электромагнитной поляризации геологических и гидрогеологических структур, в которых протекают процессы фильтрации. Поляризация зависит от ряда факторов: наличия обводнённых зон трещиноватости, пористости и пустотности пород, количества, состава и соотношения твердой и жидкой фаз в породах, скорости фильтрации жидкости, уклона фильтрационного потока, что в целом создаёт фильтрационный электрический потенциал, нарушение нейтральности которого при движении подземной воды является источником генерации электромагнитного излучения (ЭМИ). Обнаружение и регистрация аномальной интенсивности ЭМИ позволяет диагностировать наличие водного потока в гидрогеологической структуре.

Методика поиска подземных вод методом ЕИЭМПЗ основана на механизме генерации электромагнитного излучения обводненными зонами и водными потоками. На границах водных потоков с различными скоростями фильтрации и уклонами образуется фильтрационный электрический потенциал, изменение которого в процессе фильтрации генерирует аномалию ЕИЭМПЗ в определённом диапазоне частот.

Для регистрации вариаций ЕИЭМПЗ при проведении полевых геофизических исследований проводятся профильно-площадные измерения микропроцессорной аппаратурой типа «Симеиз» и «ЭМИ&САР».

Параметры ЕИЭМПЗ являются стохастическими величинами и поэтому для их анализа применяются вероятностно-статистические методы обработки данных. Аномальные значения параметров определяются по отклонениям от средних значений с учетом допустимых пределов отклонения. При этом, регистрируются фоновые значения, и относительно этих значений определяются зоны аномальных проявлений геофизического поля. Наличие зон водонасыщенных пород и водных потоков определяется по определённым амплитудно-частотным характеристикам ЕИЭМПЗ и аномальным значениям параметров ЭМИ, регистрируемых в заданном диапазоне частот.

Литература

1. *Воробьёв А. А. Равновесие и преобразование энергии в недрах Земли, Томск, 1980.*
2. *Саломатин В. Н. Закономерности геологических процессов и явлений, их связь с импульсной электромагнитной эмиссией. Автореф. дис. д-ра геол.-мин. наук. - Л, 1987-33с.*

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ФУНДАМЕНТА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ В ЮГО-ВОСТОЧНОМ ПРИЛАДОЖЬЕ ПО ДАННЫМ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ЗОНДИРОВАНИЙ

Куликов В.А. [1], **Соколова Е.Ю.** [2,3], **Ионичева А.П.** [1], **Пушкарев П.Ю.** [1], **Яковлев А.Г.** [1]

[1] *Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова*
[2] *Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва*
[3] *Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт, г. Москва*
pavel_pushkarev@list.ru

В докладе представлены результаты магнитотеллурических зондирований в юго-восточном Приладожье, проведенных в 2018-2019 гг. с целью изучения глубинного геоэлектрического строения фундамента ВЕП в области сочленения Русской плиты и Фенноскандинавского щита. Обсуждены материалы помехоподавляющей обработки наблюдений вдоль 180-км профиля «Тихвин-Винницы» и инвариантного анализа получаемых магнитотеллурических и магнитовариационных передаточных операторов. С помощью двумерной инверсии по линии профиля построена геоэлектрическая модель разреза земной коры до глубин 50 км, в которой ярко проявились структуры ЮВ сегмента Ладожской аномалии коровой электропроводности, приуроченной к протяженной Ладого-Ботнической тектонической зоне на границе AR и PR доменов щита. Выявлены принципиальные черты сходства новой модели сечения Ладожской аномалии с аналогичной моделью, построенной ранее для профиля Выборг-Суоярви-2 (северное побережье Ладожского озера): генеральное падение в юго-западном направлении проводящих структур коры и расположение областей максимальной концентрации теллурических токов на глубинах 15-20 км в пределах южных участков профилей, а также дана их предварительная геологическая трактовка.

Авторы благодарны всем членам Рабочей группы ЛАДОГА и студентам кафедры геофизики Геологического факультета МГУ, принимавшим участие в проведении полевых работ в ЮВ Приладожье в 2018-2019 гг., а также М.Ю. Нилову и Н.В. Шарову (ГИ КарНЦ). Работы были поддержаны грантом РФФИ 16-05-00543 и ООО «Северо-Запад».

НОВЫЕ МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ГЛОБАЛЬНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ

Лубнина Н.В.

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
natalia.lubnina@gmail.com

Традиционно при построении глобальных геодинамических реконструкций используют надежные палеомагнитные данные – ключевые полюсы. От качества единичных палеомагнитных определений во многом зависит «сходимость» магнито-тектонических данных и геологических корреляций.

В последнее время построено большое количество реконструкций не только для фанерозоя, но и для докембрия [Li et al., 2019 и ссылки в этой работе]. При этом при построении докембрийских реконструкций используют современные контуры континентов. Вместе с тем, границы плит и континентальных блоков меняются во времени, что принципиально важно для оценки характера взаимодействия, расстояния между соседними блоками и скорости их перемещения. Поэтому так важно понимать, для какого суперконтинентального цикла строится реконструкция и какую геодинамическую позицию занимал рассматриваемый блок на момент построения реконструкции. Иными словами, если сейчас континентальный блок является частью фундамента древней платформы, то необязательно он был частью этой платформы в палеопротерозое во время существования суперконтинента Нуна/Колумбия. Вполне вероятно, что в это время рассматриваемый континентальный блок мог быть террейном, причленившимся к архейско-палеопротерозойскому континентальному ядру, или на его месте был океанический бассейн, фрагмент которого – офиолитовый комплекс – в процессе закрытия обдуцировал на край архейско-палеопротерозойского континента и др. И только во время следующего суперконтинентального цикла в результате кратонизации этот блок стал частью континентального ядра, а сейчас он входит в состав фундамента платформы/кратона.

Второй важный аспект построения геодинамических реконструкций – время. Необходимо понимать, что в глобальном масштабе происходило в это время – образование или распад суперконтинента. Соответственно, какие комплексы-индикаторы и геологические корреляции послужат доказательством предложенной модели. Опыт построения геодинамической карты Родинии позволили С.В. Богдановой с соавторами классифицировать признаки распада и образования суперконтинентов [Богданова и др., 2009]. При образовании суперконтинента характерны: (1) близкие во времени коллизионные события, проявленные на большинстве континентов; (2) высокие пики роста ювенильной коры, обусловленные интенсивной субдукцией; (3) литологические и биохимические индикаторы, указывающие на существование крупных континентальных масс; (4) высокая степень эрозии и низкий уровень Мирового океана; (5) изменения химического и изотопного состава воды, связанные с существенным привносом в океан континентального материала; (6) климатические изменения в сторону похолодания и (7) замедленное развитие жизненных форм. При распаде суперконтинентов происходит: (1) формирование крупных трапповых провинций и роев даек; (2) резкие изменения климата; (3) повышение уровня Мирового океана в связи с возникновением и ростом протяженных

океанических хребтов; (4) интенсивные трансгрессии и образование внутриконтинентальных впадин; (5) внезапное увеличение площади распространения карбонатных и обогащенных SiO2 осадков; (6) интенсивное захоронение органики и (7) резкое увеличение биотических обстановок [Богданова и др., 2009].

Практически одновременно В. Блеекер и Р. Эрнст предложили коррелировать одновозрастные «штриховые коды» – крупные магматические события (LIP) для разных кратонов [Bleeker, Ernst, 2006]. При этом взаимное положение континентальных блоков реконструируется на основании геометрии роев радиальных мафических даек. Также предложен новый подход и к интерпретации палеомагнитных данных – метод корреляции пар одновозрастных ключевых полюсов для разных кратонов [Evans, Pisarevsky, 2008], позволяющий количественно оценить перемещения континентальных блоков в составе единой литосферной плиты, необязательно соприкасаясь/гранича между собой. Кроме того, Б. Марфи и Д. Нанс предложили делить все древние границы между кратонами на экстравертные и интровертные [Murphy, Nance, 2013]. В случае экстравертного сочленения предполагается полный цикл Вилсона, в случае интровертного – «усеченный». Во втором случае два и более кратона могут в течение длительного интервала времени (превышающем продолжительность суперконтинентального цикла ~ 400 млн. лет) образовывать устойчивую конфигурацию – мегаконтинент. Примерами таких мегаконтинентов может служит архейская Ваалбара (образована Каапвальским и Пилбара кратонами); палеопротерозойская НЕНА (North Europe – North America), просуществовавшая вплоть до окончательного распада неопротерозойского суперконтинента Родиния ~ 550 млн. лет, а затем вновь образовавшаяся в фанерозое ~ 400 млн. лет назад и называемая Еврамерика (Лавруссия); и, конечно, неопротерозойский – мезозойский мегаконтинент Гондвана.

Но существуют и другие методы и подходы при построении региональных корреляций (в дополнение к предыдущим методам):

А) Изучение Анизотропии магнитной восприимчивости (AMS) для типизации первичных/вторичных разновозрастных процессов, наложенных и зафиксированных магнитными минералами-носителями намагниченности. Результаты исследований позволяют реконструировать направления распространения вторичных процессов, степень их проявления;

Б) Изучение вторичных процессов, их разделение и типизация по времени и форме их проявления на основании петро-палеомагнитных исследований (типизация перемагничивания в зависимости от геодинамической обстановки его образования – химическое или термовязкое) [Лубнина, 2009 и ссылки в этой работе].

В) Определение трендов перемагничивание пород способствует лучшему пониманию геодинамических процессов и расшифровке геологической истории на конкретный временной интервал в рамках глобального геодинамического цикла [Lubnina et al., 2015 и ссылки в этой работе].

Таким, образом, именно корреляция вторичных одновозрастных процессов на разных кратонах, приводящих к частичному или полному перемагничиванию пород, может стать основой для расшифровки геодинамических событий прошлого.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ, грант №18-17-00170.

Литература

1. *Богданова, С.В., Писаревский, С.А., Ли, Ч.Х. Образование и распад Родинии (по результатам МПГК 440). Стратиграфия, Геологическая Корреляция. 2009. Т.17. № 3. С. 29–45.*
2. *Лубнина Н.В. Перемагничивание пород Восточно-Европейского кратона: тектоническое районирование и геодинамические индикаторы // Вестник КРАУНЦ. 2009. №2. С. 325–353.*
3. *Bleeker W., Ernst R. Short-lived mantle generated magmatic events and their dyke swarms: the key unlocking Earth's palaeogeographic record back to 2.6 Ga. In: Hanski E., Mertanen S., Rämö T., Vuollo J. (eds) Dyke Swarms–Time Markers of Crustal Evolution. Taylor & Francis, London, 2006. P. 3–26.*
4. *Evans, D.A.D., Pisarevsky, S.A. Plate tectonics on the early Earth? – weighing the paleomagnetic evidence. In: Condie, K., Pease, V. (Eds.), When did Plate Tectonics Begin? Geological Society of America. 2008. P. 249–263.*
5. *Li Z.X., R.N. Mitchell, C.J. Spencer, R. Ernst, S. Pisarevsky, U. Kirscher, J.B. Murphy. Decoding Earth's rhythms: Modulation of supercontinent cycles by longer superocean episodes. Precambrian Research. 2019. V. 323.P. 1–5.*
6. Lubnina N.V., Zakharov V.S., Novikova M.A., Vorontsova V.P. *Paleoproterozoic Remagnetization in the White Sea Mobile Belt, Karelia: Petro-Paleomagnetic Evidence and Supercomputer Modeling // Moscow University Geology Bulletin. 2015. V. 70 (2). P.84–96.*
7. *Murphy B., Nance D. Speculations on the mechanisms for the formation and breakup of supercontinents. Geoscience Frontiers. 2013. V. 4. P. 185–194.*

КАРЕЛЬСКИЙ ПРОТОКРАТОН В РАННЕМ ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЕ: НОВЫЕ КЛЮЧЕВЫЕ ПАЛЕОМАГНИТНЫЕ ПОЛЮСЫ ДЛЯ ВОДЛОЗЕРСКОГО И ЦЕНТРАЛЬНО-КАРЕЛЬСКОГО ТЕРРЕЙНОВ

Лубнина Н.В.[1], Тарасов Н.А.[1], Степанова А.В.[2]

[1] *Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова*
[2] *Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск*
natalia.lubnina@gmail.com

Многолетние палеомагнитные исследования архейских–раннепалеопротерзойских комплексов Карельского протократона свидетельствуют о присутствии практически во всех объектах в высокотемпературном интервале характеристической компоненты намагниченности. При этом в раннепротерозойских мафических комплексах в северной и восточной частей Карельского протократона (Паанаярвская структура Центрально-Карельского террейна и восточная часть Водлозерского террейна) выделяются две характеристические компоненты намагниченности – D–компонента юго-восточного склонения и умеренно положительного наклонения и D′–компонента юг–юго-восточного склонения и низкого положительного/отрицательного наклонения. Изначально D–компоненте приписывали возраст 2,45 млрд. лет назад, а компоненте D′ – 2, 505 млрд. лет назад [Mertanen et al., 1999]. Последние палеомагнитные исследования палеопротерозойских мафических комплексов террейнов Иисалми и Кианта свидетельствуют о присутствии D′–компоненты в мафических дайках 2,4 и 2,3 млрд. лет, при этом первичность выделенной компоненты намагниченности доказывается на основании положительного теста контакта [Salminen et al., 2014]. И вместе с тем, палеомагнитный полюс, пересчитанный со среднего направления D′–компоненты, совпадает с палеомагнитным полюсом 1,75 млрд. лет для Карельского протократона [см. обзор Лубнина, Захаров, 2018]. Также следует отметить, что средние направления D–компонент, выделяемых в палеопротерозойских мафических комплексах Карельского протократона, «размазаны» по дуге большого круга в первом и втором квадрантах, что свидетельствует о неполном разделении как докембрийских, так и фанерозойских («девонской» и «каледонской») компонент намагниченности [Лубнина, Захаров, 2018]. Кроме того, в долеритовых дайках 2,1 млрд. лет северной части Центрально-Карельского террейна выделяется характеристическая компонента намагниченности юг–юго-западного склонения и низкого положительного наклонения. Палеомагнитный полюс, пересчитанный со среднего направления этой компоненты намагниченности, также близок палеопротерозойскому полюсу 1,75 млрд. лет для Карельского протократона.

Для доказательства первичной природы D–компоненты намагниченности и оценки вклада разновозрастных вторичных компонент применен еще один тест палеомагнитной надежности – тест конгломератов.

Основными объектами исследований стали сариолийские (2,4–2,3 млрд лет) конгломераты пальеозерской и пенжинской свит Онежской структуры Карельского протократона и Паанаярвской структуры Центрально-Карельского террейна Карельского протократона. Выбор объектов неслучаен – в гальках конгломератов присутствуют

обломки как вмещающих неоархейских гранитоидов, так и подстилающих сумийских андезитов и андезибазальтов. Кроме того, для сопоставления идентичности магнитной записи в породах и гальках использованы данные палеомагнитных исследований архейских гранитоидов о-вов Деда и Горелый, прорванных неоархейскими дайками габброноритов [Scherbakova et al., 2017], сумийских расслоенных интрузий Бураковка [Mertanen et al., 2006; Scherbakova et al., 2017] и Кивакка (неопубл. данные авторов), а также сумийских мафических даек Паанаярвской структуры.

В результате палеомагнитных исследований сариолийских (2,4–2,3 млрд. лет) конгломератов Онежской структуры выделены две характеристические компоненты намагниченности. Первая, среднетемпературная компонента намагниченности демонстрирует кучное распределение на сфере. Среднее направление этой компоненты совпадает с направлением Свекофенского перемагничивания в пределах Карельского протократона. Направления выделенных в конгломератах высокотемпературных компонент намагниченности имеет значительный разброс, что свидетельствует о первичной природе этой компоненты намагниченности (тест конгломератов положительный). Полученный результат свидетельствует в пользу частичной сохранности первичных компонент намагниченности в палеопротерозойских комплексах Карельского протократона. Выделены два кластера высокотемпературной компоненты, связанные не только с составом протолитов, но и с различными условиями преобразований пород, в том числе, их флюидонасыщенностью.

Сопоставление средних направлений высокотемпературных компонент намагниченности для Водлозерского и Центрально-Карельского террейнов Карельского протократона свидетельствует о возможном вращении этих двух террейнов в раннем палеопротерозое.

Корреляция пар одновозрастных раннепалеопротерозойских полюсов для протократонов Сьюпириор и Карельский свидетельствует об их совместном перемещении плоть до 2,3 млрд. лет. Однако, взаимного положение этих двух протократонов отлично от реконструкции, основанной на корреляции роев радиальных даек (метод «штриховых кодов») [Bleeker, Ernst, 2006].

Предложена новая реконструкция Водлозерского и Центрально-Карельского террейнов Карельского протократона в составе неоархейского суперконтинента Кенорленд.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 17-05-01270.

Литература

1. *Лубнина Н.В., Захаров В.С. Оценка вклада вторичных компонент намагниченности в докембрийские палеомагнитные полюсы Карельского кратона // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2018. №5. С. 3–13.*
2. *Bleeker, W., Ernst, R.E. Short-lived mantle generated magmatic events and their dike swarms: the key unlocking Earth's paleogeographic record back to 2.6 Ga. In: Hanski, E., Mertanen, S., Rдтц, T., Vuollo, J. (Eds.), Dike Swarms: Time Markers of Crustal Evolution. Taylor & Francis/Balkema, Leiden. 2006. P. 3–26.*
3. *Mertanen, S., Halls, H.C., Vuollo, J.I. et al. Paleomagnetism of 2.44 Ga mafic dykes in Russian Karelia, eastern Fennoscandian Shield – implications for continental reconstructions. // Precambr. Res. 1999. Vol. 98. P. 197–221.*
4. *Mertanen, S., Vuollo, J.I., Huhma, H., Arestova, N.A., Kovalenko, A. EarlyPaleoproterozoic–Archean dykes and gneisses in Russian Karelia of theFennoscandian Shield – new paleomagnetic, isotope age and geochemical investigations // Precamb. Res. 2006. Vol. 144. P. 239–260.*
5. *Salminen J., Halls H.C., Mertanen S. et al. Paleomagnetic and geochronological studies on Paleoproterozoic diabase dykes of Karelia, East Finland—Key for testing the Superia supercraton // Precam. Res., 2014. Vol. 244. P. 87–99.*
6. *Shcherbakova V.V., Lubnina N.V., Shcherbakov V.P. et al. Paleointensity Determination on Paleoarchaean Dikes within the Vodlozerskii Terrane of the Karelian Craton // Izvestiya – Phys. of the Solid Earth. 2017. Vol. 53. N 5. P. 714–732.*

БИОХИМИЧЕСКАЯ РОЛЬ В ОБРАЗОВАНИИ БОКСИТОВ ЭКСТРАКАЧЕСТВА В ЛАТЕРИТНЫХ КОРАХ ВЫВЕТРИВАНИЯ

Макарова М.А. [1], **Боева Н.М.** [2], **Бочарникова Ю.И.** [2], **Шипилова Е.С.** [2]

[1] *Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова*
[2] *ИГЕМ РАН*

Существует много гипотез образования бокситов: латеритная, латеритно-осадочная, осадочная, терра-росса, биогенная, инфильтрационно-метасоматическая и др. Но ни одна из них не способна объяснить происхождение конкретных генетических типов бокситов.

Гипотеза о происхождении бокситов в результате химического выветривания не вполне отвечает современным представлениям о механизме биохимической деструкции минералов, о химических свойствах алюминия и природных условиях развития явлений латеритизации. Согласно многочисленным литературным данным огромную роль в развитии явлений выветривания играют процессы комплексообразования, и, в частности, хелатирования [1-8]. Существенная роль микроорганизмов в выветривании пород и образовании минералов в коре выветривания отмечена еще И.Н. Гинсбургом в 1952 [9]. Лабораторные эксперименты Reesman и Keller показали, что глинозем может быть выщелочен из алюмосиликатных минералов, в том числе глинистых, разбавленными органическими кислотами при комнатной температуре. Эти эксперименты объясняют мобилизацию Al при латеритизации в присутствии биоты. Эти экспериментальные данные находятся в хорошем соответствии с данными Heydeman и др., которые доказали микробиологическое выщелачивание Al из латеритных проб, взятых из географически удаленных мест. Т.А. Аристовской и Л.В. Зыкиной [10] сформулирована биологическая концепция бокситообразования. Она, по существу, не противоречит господствующим в геологической науке представлениям о генезисе бокситовых руд, а лишь вносит в нее некоторые дополнения.

В последние годы при анализе процесса бокситообразования большое внимание исследователей привлекает именно микробиологический фактор. Удалось подтвердить, что деятельность микроорганизмов в десятки и даже сотни раз ускоряет процессы выветривания [11]. Происходит активное взаимодействие субстрата с бактериями, в том числе действие на минералы продуктов метаболизма (органические кислоты и разные формы углекислоты). Многие виды микроорганизмов, такие как грибы, гетеротрофные и автотрофные бактерии и дрожжи, обитают в бокситовых рудных месторождениях. Это приводит к биогенезу и биоминерализации. Использование Paenibacillus polymyxa в эффективном удалении кальция из низкосортных бокситов демонстрируется с помощью биореакторной технологии [12]. Аналогичным образом, для удаления железа из бокситов можно использовать железодефицитные бактерии. Силикатные бактерии помогают в селективной солюбилизации двуокиси кремния для контроля соотношения оксида алюминия и диоксида кремния [13, 14].

Микроорганизмы, обитающие в месторождениях бокситовых руд, могут эффективно использоваться для биообогащения. Многие виды окислительно-восстановительных реакций с бокситовыми минералами, такими как карбонат кальция,

диоксид кремния, силикаты и оксиды железа, могут быть вызваны местными бактериями [15]. Таким образом, бактерии (напимер, Paenibacillus polymyxa) могут использоваться для селективного удаления железа, кальция или диоксида кремния из бокситовых руд.

Установлено наличие различных микроорганизмов в светлых бокситах и переходных зонах между красными и белыми бокситами вдоль разломов [12]. Была предпринята попытка исследования силикатных бактерий и биовыщелачивания кремния из бокситов с использованием Bacillus mucilaginosus и Bacillus circulans для контроля соотношения Al2O3:SiO2 (кремниевый модуль). Органические кислоты, такие как лимонная и щавелевая кислоты, полученные несколькими грибами, такими как Aspergillus sp., могут привести к восстановительному растворению оксидов железа. В исследовании метаболической активности Desulfuromonas palmitatis было обнаружено, что вместе с хелатором ЭДТА удаляется до 29% Fe2O3, присутствующего в образцах бокситов. Удаление железа из боксита путем селективной биофлоккуляции с использованием адаптированных клеток P.polymyxa (взаимодействие pH 7-9, 5 мин при плотности 5% пульпы) описано в работе Namita Deo в 1998.

Известно, что грибы Cladosporium являются хорошими солюбилизаторами оксида алюминия и редукторами железа, тогда как Pseudomonas анаэробно уменьшает содержание оксида железа. Кремний и железо активно выводятся из породы дрожжами Yarrowia lipolityca, и что важно, алюминий практически не вымывается. Ещё большую степень извлечения кременезема дала обработка бокситов микрогрибами Aspergillus niger - более 800 мг/л извлечение кремнезема и извлечение железа 620 мг/л, при том, что алюминия вымылось около 100 мг/л. Метаболиты микрогрибов Penicillium simplicissimum (могут быть получены на глюкозе) используются для выщелачивания алюминия из бокситов.

Бактерии, такие как Bacillus coagulans и Paenibacillus polymyxa, путем выделения экзополисахаридов могут разделять оксиды железа, оксид алюминия и кальцит.

Микроорганизмы могут также использоваться для обеспечения экологического контроля в отношении утилизации красного шлама с помощью технологии биоремедиации. Также предпринята попытка биоэкстракции / микробного поглощения следовых металлов из бокситово-красного шлама [16]. Многие микробы способны концентрировать также и редкоземельные элементы [6].

Детальное изучение этих явлений и представление об их масштабах, установление эффекта действия биохимических агентов при бокситообразовании представляет несомненный интерес для разработки методов обогащения бокситов. Необходимо экспериментально подобрать и оптимизировать параметры наиболее эффективного и наименее трудоемкого обогащения: длительность эксперимента, наиболее перспективные микробные комплексы, соотношение бокситовой руды, с учетом размерности частиц, и количества микробиоты и прочие параметры. Немаловажным аспектом исследования является определение возможности использования микроорганизмов для обеспечения экологического контроля в отношении утилизации красного шлама с помощью технологии биоремедиации, а также возможности биоэкстракции/микробного поглощения следовых металлов из бокситово-красного шлама.

Эти результаты будут новым вкладом в современную минералогию, геохимию и биогеохимию гипергенеза бокситов.

Литература

1. *Schopf J.W., Barghoorn E.S. Alga-like fossils from the early Precambrian of South Af- rica // Science. – 1967. – V. 158. – P. 508–521.*
2. *Schopf J.W., Parker B.M. Early Archean (3.3 billion to 3.5 billion-year-old) microfossils from Warrawoona Group, Australia // Science. – 1987. – V. 237. – P. 70–73.*
3. *Матвеева Л.А., Соколова Е.И., Рождественнская З.С. Экспериментальное изучение выноса алюминия в зоне гипергенеза. М., Наука. 1975. 168 с.*
4. *Silverman M.P. Biological and organic chemical decomposition of silicates // Trud- inger P.A., Swain D.J. (Eds.) The Biogeochemical Cycling of Mineral-Forming Ele- ments. – Amsterdam: Elsevier, 1979. – P. 445–465.*
5. *Яхонтова Л.К., Нестерович Л.Г., Любарская Г.А., Андреев П.К., Пыжов В.Х., Блинова Г.К. Разрушение силикатов с помощью бактерий // Минерал. журн. – 1983. – Т. 5, No 2. – С. 28–38.*
6. *Розанов А.Ю. Ископаемые бактерии и новый взгляд на процессы осадкообразова- ния // Соросов. образов. журн. – 1999. – No 10. – С. 63–67.*
7. *Fan D., Ye J., Li J. Geology, mineralogy, and geochemistry of the Middle Proterozoic Wafangzi ferromanganese deposits, Liaoning Province, China // Ore Geol. Rev. – 1999. – V. 15, No 1–3. – P. 31–53.*
8. *Noffke N. Turbulent lifestyle: Microbial mats on Earth's sandy beaches – Today and 3 bil- lion years ago // GSA Today. – 2008. – V. 18, No 10. – P. 4–9.*
9. *Гинсбург И.Н. Роль микроорганизмов в выветривании пород и образовании минералов. Кора выветривания. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – Вып. 1. – С. 6–35.*
10. *Аристовская Т.В., Зыкина Л.В. Биогенный механизм формирования бокситов // Роль биохимических исследований в расширении минерально-сырьевой базы. – Л.: Наука, 1986. –С. 95–103.*
11. *Школьник Э.Л., Жегалло Е.А., Богатырев Б.А. и др. Биоморфные структуры в бокси- тах (по результатам электронно-микроскопического изучения). – М.: Эслан, 2004. – С. 3–13.*
12. *Natarajan, 2016. Biomineralization and biobenneficiation of bauxite. T. Indian I. Metals 69, 15-21*
13. *Paz, S.O.A., Angelica, R.S., Kahn, H. 2017. Optimizacion of the reactive silica quantification method applied to Paragominas-type gibbsitic bauxites. Int. J. miner. Process. 162, 48-57*
14. *P. Smith, 2009. The processing of hight silica bauxites-Review of existing and potential processes. Hydrometallurgy 98, 162-176*
15. *Laskou M. and Economou-Eliopoulos M.E., 2007. The role of microorganisms on the mineralogical and geochemical characteristics of the Parnassos-Ghiona bauxite deposits, Greece. Journal of Geochemical Exploration 93, 67-77.*
16. *Jonesa B.E.H., R.J. Haynesa, I.R. Phillipsb Addition of an organic amendment and/or residue mud to bauxite residue sand in order to improve its properties as a growth medium. Journal of Environmental Management, 95. (2012). 29-38.*

ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ ЗЕЛЕНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ Г. СИМФЕРОПОЛЬ

Малышев Т.Р.

Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Таврическая академия
malysheff.tim@yandex.ua

Зеленая инфраструктура рассматривается как фактор обеспечения устойчивого развития города. Показатели озеленения, обеспеченность насаждениями, состояние и устойчивость насаждений к городской среде входят в группу индикаторов устойчивого развития центров урбанизации. Основой зеленой инфраструктуры является озеленение, формирующее экологически безопасную, эстетически привлекательную и комфортную городскую среду. Территориальное планирование, основанное на приоритете экономического развития, и недостаточное финансирование привели к возникновению проблем с охраной и воспроизводством зеленых насаждений города Симферополь.

Активизация градостроительного процесса в Симферополе привела к ухудшению экологического состояния территории. Оценка современного состояния зеленых насаждений выявила низкую долю озеленения общего пользования, высокий процент «старых» зеленых насаждений, при это новые не создаются. Центры урбанизации — приоритетные территории для разработки системы платежей за экосистемные услуги, обеспечивающие устойчивое развитие региона.

В данном исследовании учитывалась только обширные площадные объекты зеленой инфраструктуры города Симферополь, а именно территории, относящиеся к лесному фонду – городские леса, озелененные территории общего пользования – находящиеся в ведомстве городских муниципалитетов. Также отдельно рассмотрены территории садов, парков и скверов потому, что они включают себя объекты социально-экономической инфраструктуры. Согласно СНиП 2.07.01-89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» [1], Симферополь – относиться к категории крупных городов, так как численность населения составляет около 365 тыс. чел. Согласно данному СНиП площади зеленых насаждений общего пользования на одного человека в г. Симферополя различного размера должна составлять 24 м2/чел, данный показатель почти соблюдается в Киевском и Центральном районах (23,12 и 23,2 м2/чел соответственно), не соблюдается в Железнодорожном районе (18,16 м2/чел). В целом на территории г. Симферополь не соблюдается данной норматив так, как площади зеленых насаждений общего пользования на одного человека составляет 21,92 м2/чел.

Литература

1. *Тетиор, А. Н. Экологическая инфраструктура / А. Н. Тетиор. – М. : МГУП, 2014. – 370 с. 9. Экологическая инфраструктура: учеб. пособие / И. О. Лысенко, С. В. Окрут, Т. Г. Зеленская [и др.]. – Ставрополь : АГРУС, 2013. – 120 с.*

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МЕТЕОПАРАМЕТРОВ КРЫМА В СВЕТЕ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ТРЕНДОВ

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н., Коваленко О.Ю., Вышкваркова Е.В.

ФГБНУ «Институт природно-технических систем», г. Севастополь
elena_voskr@mail.ru

В работе исследовано изменение сезонных характеристик экстремальной температуры воздуха и осадков по ежедневным данным наблюдений на гидрометеорологических станциях Крыма за 68-летний период с 1950 по 2017 гг.

За период исследования величины P5 аномалий температуры воздуха в зимний сезон колеблются в пределах от -16°C до -4°C зимой, от -12°C до -4°C весной, от -7°C до 0°C летом и от -14°C до -2°C осенью. Величины P95 аномалий температуры с осеннего по весенний период меняются в диапазоне от 2° – 4°C до 10° – 11°C, а летом от 1°C до 7°C.

Анализ коэффициентов линейных трендов характеристик экстремальной температуры воздуха за 1950 – 2017 гг. показал следующее. За 65-летний период линейные тренды величины 5-го (P5) и 95-го (P95) процентилей положительны для всех сезонов и станций и статистически значимы на 99 % уровне летом, а для P95 также и весной на станциях Керчь и Феодосия.

Что касается линейных трендов количества дней с экстремальной температурой воздуха, то для температуры ниже 5-го процентиля они отрицательны для всех станций и сезонов, а для температуры выше 95-го процентиля преимущественно положительны. Статистически значимые на 95 – 99 % уровне коэффициенты отмечаются для экстремальных температур летом, а для 95-го процентиля также и весной, за исключением станции Симферополь.

Таким образом, за период 1950 – 2017 гг. величины 5-го и 95-го процентилей внутрисезонных аномалий среднесуточной температуры воздуха, полученных относительно сглаженного годового хода, в Крыму во все сезоны увеличиваются. Количество дней с температурой воздуха ниже 5-го процентиля уменьшается, особенно значимо в летний сезон. При этом число дней с температурой воздуха выше 95-го процентиля в Крыму в летний сезон имеет тенденцию к увеличению.

Для определения трендов экстремальных осадков подсчитывалось количество случаев в сезоне, превышающих заданные пороги (в нашем случае это осадки разной повторяемости). Это так называемые «day-count» индексы. Для осадков разных процентилей характерно преобладание отрицательных трендов зимой и положительных летом. Значимые на 95 – 99 % уровне тренды отмечаются для станции Севастополь и зимой, и летом, а также для станций Ай-Петри и Феодосия зимой.

Получено, что за исследуемый 68-летний период (1950 – 2017 гг.) величины порогов экстремальных температур воздуха увеличиваются как в зимний, так и в летний сезон. При этом количество дней с экстремальными температурами зимой уменьшаются, а в летний сезон – увеличиваются. Для осадков разных процентилей характерно преобладание отрицательных трендов зимой и положительных летом.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ ДАННЫХ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Миленко Н.Н

Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Севастополе
nataly_mil@mail.ru

Современные информационные технологии обеспечивают широкие возможности систематизации, обработки, визуализации экологической информации, и моделирование различных природных объектов и процессов.

Методическая основа экологии, одной из современных наук, составляет сочетание системного подхода, натурных наблюдений, эксперимента и моделирования. Экологическая практика охватывает множество приемов и методов исследований:

- Систематические (мониторинговые) наблюдения за природными объектами и процессами;
- Аналитические исследования;
- Дистанционные методы исследований;
- Статистические методы оценки процессов и явлений;
- Методы математического моделирования;
- Системный анализ;
- Экологический менеджмент и аудит.

В настоящее время в случае экологических исследований эти методы исследований используются комплексно, с применением информационных технологий.

На этапе сбора и систематизации данных об объектах естественной среды эффективным способом является организация информации в форме электронных библиотек, представляющие собой распределенные информационные системы в виде каталогов. Электронные библиотеки представляют среду для хранения, обработки, анализа данных, кроме это в этой среде возможно организовывать поиск данных в электронных документах через глобальную сеть передачи данных. Электронные библиотеки хранят публикации научных сведений. Характерные особенности такой среды организации данных - динамичность в виде возможности обновления и глобальный доступ через компьютерную сеть. Основные проблемы, возникающие при формировании электронных библиотек, состоят в стандартизации разнородной информации, представлении информации в удобной для пользователей форме, и в юридическом аспекте использования данных электронных библиотек.

Другой формой представления информационных ресурсов являются базы экологических данных. Современные базы цифровых данных представлены в двух вариантах: базы данных с использованием системы управления базой данных и в виде типичных реляционных моделей данных, объектно-реляционной, или объектно-ориентированной модели и применением прикладной системы файлов (широко используемых во многих ГИС).

Базы данных размещаются на серверах учреждений (научные институты РАН, исследовательские организации и др.). Опыт создания таких информационных систем подтверждает возможность систематизированного хранения и анализа данных. В России создано много баз и банков данных (например, базы данных по видам растений, занесенных в Красную книгу России, междисциплинарный банк данных, характеризующий режимы и состояние морей и др.).

Часто данные, полученные в процессе мониторинга, представлены временными, пространственными или динамическими рядами наблюдений. Обработка таких рядов включает вычисление средних величин, отклонений от средних, выявление общей тенденции развития процесса, сглаживание и фильтрация частот рядов, корреляцию временных рядов, прогнозирование изменений показателей исследуемого процесса. Особое значение среди этих операций имеют выявление и анализ тренда, установление факторов, которые изменяют ряды данных с целью прогнозирования изучаемого процесса. Эти вычислительные операции обработки данных реализуются в пакетах прикладных программ по статистике и численным методам (MS Excel, Статистика и др.).

«Современный рациональный и эффективный метод хранения и обработки данных мониторинга природных систем это метод геоинформационного картографирования, основой которого является применение специального программного обеспечения - геоинформационных систем (ГИС). ГИС предназначенных для сбора, хранения, обработки и визуализации пространственно-координированных данных, т.е. данных, имеющих определенную географическую привязку. Следовательно, этот метод геоинформационного картографирования изначально адаптирован для обработки данных, относящихся к экосистемам» [3, стр.23]

Принципиальной особенностью геоинформационных систем, адаптированных для анализа данных, собранных системными методами, является то, что они позволяют не только оптимизировать хранение и обработку результатов исследований, но и существенно повысить информационную и научную значимость первичных данных. Информационные системы, с помощью которых можно эффективно накапливать и обрабатывать результаты экосистемных исследований, помимо базы данных, должны включать: электронные карты с послойным разбиением изображений, программы статистической и более сложной математической обработки данных, систему построения прогностических моделей развития экосистем.

Принципы организации ГИС позволяют в определенной мере выявлять структуру природных сообществ на основе разрозненных данных по разным компонентам экосистем. Однако для эффективного изучения экосистемных связей и разработки адекватных методов сбора, хранения и обработки информации с помощью компьютерных программ необходимо использовать описанные выше системные методы сбора первичных данных.

Современные программные продукты для ГИС-картографирования весьма разнообразны. Среди наиболее популярных - системы ARC VIEW, MapInfo,GeoGraph/GeoDraw (разработка Института Географии РАН), Golden Software Grapher и Golden Software Surfer.

Эти системы предназначены для хранения пространственно-координированных данных, их элементарной обработки и визуального представления в виде карт. Решение более сложных задач, связанных с построением прогностических моделей, требует использования дополнительных программных средств. В среде ArcView таким дополнительным средством является язык программирования Avenue, в MapInfo - MapBasic и т.д.

«Для успешного решения эколого-географических задач, связанных с прогнозом развития природных систем необходимо интенсивное развитие математического моделирования природных систем с учетом последствий антропогенного воздействия. Математические модели позволяют не только количественно описать явления, но и создать математическим методами образ объекта и процесса, формализованный и обобщающий многочисленные свойства и характеристики природной системы» [4, стр. 11]. Для оптимального управления экосистемами действенным средством является моделирование. Так глобальные модели позволяют оценить изменения климата, растительного покрова, температуры и пр. при разных сценариях развития человечества.

Во многих науках говорится о применении системных подходов и методов, большинство научных исследований в строгом смысле являются не системными, а комплексными, так как в них главное внимание обращается не на свойства объекта как специфического целого, а лишь на сложность его внутренней структуры и наличие определенных связей между его составными частями.

В комплексном исследовании следует выделить следующие этапы: сбор данных по определенной схеме, фиксирование этих данных в табличной или другой форме, создание на их основе компьютерной базы данных и их дальнейшее использование для построения электронных карт, разработки прогностических моделей.

Литература

1. *Е.И.Хлебосолов, О.А.Хлебосолова, Ю.А.Кушель, О.А.Макарова. Методы системного экологического мониторинга. Ряз. обл. ин-т развития образования. - Рязань, 2000. -70 с.*
2. *Жучкова В.К. Организация и методы комплексных физико-географических исследований. М., изд-во МГУ, 1977, 184с.*
3. *Кошкарев А.В., Каракин В.П.Региональные геоинформационные системы.М.,1987, 126с.*
4. *Хрусталев А.Ф.Основы математического моделирования: учеб. пособие / А. Ф.Хрусталев; Севастоп. нац. техн. ун-т. - Севастополь, 2007. - 214 с. - Библиогр.: с. 204-207 - рус*
5. *Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. М.,1998, 230с.*

СТРОЕНИЕ ОПОЛЗНЕВОГО СКЛОНА НА ЮЖНОМ БЕРЕГУ КРЫМА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ

Модин И.Н. [1], **Скобелев А.Д.** [2], **Квон Д.А.**[2]

[1] *Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва*
[2] *ООО "НПЦ Геоскан", г. Москва*
imodin@yandex.ru

На территории Крымского полуострова зарегистрировано около 2000 оползней. Значительная их часть расположена на южном берегу полуострова. Это создает серьезные проблемы при обустройстве строительной инфраструктуры. Основные причины, вызывающие движение оползневых масс на территории обследованного участка, расположенного вблизи г. Гурзуф:

1) крутые склоны более 20 градусов,

2) землетрясения, в том числе небольшие, которые сильно стимулируют движение оползневых тел,

3) переувлажнение тела оползня, которое ведет к утяжелению тела оползня, и смачивание поверхностей скольжения.

Для исследования оползневого склона использовался комплекс, состоящий из электрической томографии, сейсморазведки и инженерно-геологического бурения. Основным методом исследования была электротомография. Электротомография на сегодняшний день является одним из ведущих методов малоглубинной геофизики при исследованиях верхней части геологического разреза. Электротомография – это комплекс двумерной электроразведки, включающий методику полевых наблюдений, технологию обработки и интерпретации полевых данных [2].

В основе электротомографии лежит метод электрических сопротивлений [1], с помощью которого изучается пространственное распределение удельного электрического сопротивления в геологическом разрезе. При этом через среду пропускается электрический ток и проводится измерение электрического поля. Глубина проникновения электрического тока пропорциональна расстоянию между питающими и приемными электродами.

Электротомография является двухмерной (2D) модификацией метода электрических сопротивлений и уже выделилась в самостоятельную методику. Ее особенностью является использование многоканальных станций и кос, с помощью которых производится многократное подключение одних и тех же электродов в качестве питающих и измерительных. Это приводит к значительному увеличению производительности работ повышению разрешающей способности метода сопротивлений.

В результате выполненных исследований было установлено, что оползень имеет сложное строение и состоит из двух частей. Его нижняя часть – это древний оползень и его кровля находится, по нашим данным, на абсолютных отметках от 10 до 20 м (ниже уровня моря). Уровень кровли древнего оползня опускается в сторону моря, и она не всегда повторяет форму дневной поверхности. Эта поверхность характеризуется тем, что на ней

лежат линзы грубообломочного материала, вероятно, карбонатного состава. Размеры их могут быть достаточно большие – до 50-70 м, а в ширину - около 20 м. Часть этого материала может подниматься наверх. Мощность слоя древнего оползня составляет порядка 10-15 м. Этот слой насыщен большим количеством разнородного материала и, прежде всего, обломками карбонатов, которые «плавают» в этой толще.

Кроме того, к этому слою приурочено большое количество олистолитов, которые слагают каркас, удерживающий весь склон. Эти олистолиты могут иметь очень большие размеры – до нескольких десятков метров и высоту до 10-20 м. Большая их часть находится в западной части нашего участка и отчасти с юга, прикрывая и удерживая склон. Эти олистолиты имеют разные размеры и положение. Один из олистолитов практически от поверхности земли уходит на глубину, которая превышает нашу глубинность исследования. Возможно, их нижняя граница «корней» олистолитов находятся на абсолютных отметках -20 и -30 м, а, возможно, и глубже. Их вертикальные размеры могут составлять 30 м и более. Вероятнее всего, сейчас древнее оползневое тело не движется, т.к. оно сильно стабилизируется олистолитами, которые лежат на сравнительно пологом участке ложа склона. Но на поверхности, особенно в центральной и восточной частях исследуемого участка располагается современный оползневой слой, который состоит из мелкообломочных терригенных пород. Его подощва располагается на глубине около 10 м. Здесь также встречаются «плавающие» на поверхности старого оползня олистолиты, но их размеры существенно меньше (мощность 5-7 м, а горизонтальные размеры – несколько десятков метров). Тем не менее, эти олистолиты тоже обладают некоторой стабилизирующей способностью, который удерживает весь склон от разрушения. Еще раз необходимо отметить, что склон, на котором расположен участок исследования очень крутой – до 30-40 градусов, однако парадокс ситуации состоит в том, что он достаточно устойчив. По нашему мнению, такое положение связано с «зубьями» олистолитов, находящимися под землей в подошве склона. Таким образом, наблюдается две нижние поверхности оползневых тел: древнего застабилизированного оползня, и современного оползня.

Литература

1. *Заборовский А.И. Электроразведка. М., 1963, 423 с.*
2. *Бобачев А. А., Горбунов А.А., Модин И.Н., Шевнин В.А. Электротомография методом сопротивлений и вызванной поляризации. Приборы и системы разведочной геофизики. 2006, N02, 14-17.*

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ, СЛАГАЮЩИЕ ОСТРОВА КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ, И ИХ ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Мышенкова М.С., Косевич Н.И., Багдасарян Т.Э.

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
zf12@rambler.ru, nkosevich@gmail.com

Исследование направлено на определение механизма формирования рельефа на обособленных участках суши – островах, расположенных в пределах акватории Кандалакшского залива Белого моря. В тектоническом плане регион исследования располагается в пределах Беломорского подвижного пояса, представленного крупными тектоническими покровами, такими как ковдозерский (тоналит-трондьемит гранодиоритовые гнейсы), чупинский (парагнейсы) и хетоламбинский (метабазиты) [1]. Основной задачей исследований является возрастная корреляция пород, слагающих острова Кандалакшского залива, а также изучение процессов горизонтальных тектонических перемещений крупных блоков земной коры.

В 2018 г. нами выполнены петро-палеомагнитные исследования коренных выходов на островах Ругозерской губы (о. Великий и о. Высокий), губы Кислая (о. Оленевский) и губы Красная (о. Асафий, о. Большой Кемьлудский). К Хетоламбинскому комплексу относятся породы о. Высокий и юго-западной части о. Великий; к Керетскому комплексу – породы о. Оленевский, Большой Кемлудский и Асафий; к границе этих двух комплексов – южный берег центральной части о. Великий. На границе Хетоламбинского и Керетского тектонических комплексов наблюдаются интенсивно мигматизированные гнейсы [2], в пределах Хетоламбинского комплекса – гнейсы и реже меланократовые гранатовые гнейсы, а также амфиболиты [2,3]. Для Керетского комплекса характерны гнейсы, переходящие в гранатовые гнейсы и мигматизированные гнейсы.

Микроскопическое изучение пород в шлифах было выполнено в Петромагнитной лаборатории кафедры динамической геологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова при помощи поляризационного микроскопа ПОЛАМ Р-211. Исследование с помощью поляризационного микроскопа дополняется изучением прозрачно-полированных шлифов при помощи сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM-6480LV в Лаборатории локальных методов исследования вещества кафедры петрологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Количественный ED анализ был получен при ускоряющем напряжении 20 кВ и силе тока 10 нА, время накопления спектра составляло 70 сек. Аналитик - Н.Н. Кошлякова.

К настоящему моменту выполнено микроскопическое изучение пород, отобранных на островах Асафий, Большой Кемьлудский, Великий и Высокий. Меланосома мигматитов на южном берегу острова Великий представлена амфиболитами с мелко- и среднезернистой, лепидогранобластовой структурой и слабогнейсовидной текстурой, сложенными кристаллами частично соссюритизированного плагиоклаза (47%), паргасита и ферропаргасита (35%), магнезиального биотита (10%), кварца (5%), эпидота (2%),

зонального сфена (1%). Единичные зерна рудных минералов размером около 0,3 мм представлены рутилом и пиритом с включениями халькопирита, содержащим, в свою очередь, включения никелина и галенита.

Опробованные породы на острове Асафий являются биотитовыми, эпидотсодержащими амфибол-биотитовыми и амфибол-пироксен-биотитовыми гнейсами с мелко- и среднезернистой структурой. Амфибол-биотитовые гнейсы характеризуются полосчатой текстурой, выраженной в чередовании полос с гранобластовой и лепидобластовой структурами и в целом сложены кристаллами частично соссюритизированного андезина An30 (45%), биотита (25-30%), кварца (10%), ферропаргасита (8%), эпидота (5%), незонального сфена (3%). Содержание рудных минералов, представленных пиритом, в данных породах также невелико (≤ 1%), их распределение равномерное, однако в амфибол-биотитовых гнейсах в пределах некоторых участков на микроуровне содержание зерен пирита достигает 3%. Для данной разности также характерно наличие наиболее крупных индивидов пирита – до 0,8 мм – среди всех опробованных в рамках петро-палеомагнитных исследований пород. Зерна пирита содержат включения магнетита, медного сульфида и халькопирита, а также магнетитовую корочку.

Пробы с острова Большой Кемьлудский представлены аналогичными породами, а также амфиболовыми гнейсами гранатсодержащими и гранатовыми гнейсами. Амфиболовые гнейсы гранатсодержащие характеризуются мелкозернистой гранобластовой структурой, гранатовые гнейсы – средне- и мелкозернистой пойкилобластовой, симплектитовой структурой и массивной текстурой. Данная разность сложена кристаллами граната атолловой формы (38%), кварцем (10%), замещенным актинолитом омфацитом (8%), олигоклазом (4%), паргаситом и чермакитом (4%), симплектитовыми срастаниями клинопироксена и плагиоклаза (36%). Рудные минералы в породах распределены равномерно, их содержание составляет ≤ 1%, и лишь в гранатовых гнейсах, где они представлены ильменитом, в пределах некоторых участков оно увеличивается до первых процентов.

Пробы пород с острова Высокий представлены метаультрамафитами со средне- и мелкозернистой, келифитовой структурой и массивной текстурой, в различной степени серпентинизированными с выделением магнетита. Вторичный магнетит развит по трещинам в оливинах, где выполняет их полностью или частично вдоль осевых частей; в наиболее интенсивно серпентинизированных разностях магнетит местами замещает центральные части реликтовых фрагментов зерен оливина. Породы также содержат ксеноморфные по отношению к ныне измененным зернам первичных минералов агрегаты хромита и ильменита, часто окруженные флогопитовой оторочкой. Общее распределение рудных минералов неравномерное, на микроуровне местами достигающее 10%.

Для решения поставленных задач в дальнейшем планируется завершить изучение опробованных разностей пород при помощи сканирующего электронного микроскопа и сопоставить полученные результаты с данными по анизотропии магнитной восприимчивости.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00666.

Литература

1. *Миллер Ю.В. Тектоника области сочленения Беломорского подвижного пояса и Карельского кратона // Геотектоника. 2002. № 4 . С. 14-25.*
2. *Государственная геологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000. Листы Q-37- XVI, Q36-XV. Серия Карельская. Министерство Геологии и охраны недр СССР, 1961.*
3. *Терехов Е. Н. Геологическое строение Лапландско-Беломорского пояса и роль процессов растяжения в его эволюции : Дис. ... д-ра геол.-минерал. наук : 25.00.01. Москва, 2003 361 с.*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕТУЧЕСТИ ФОСФОРА В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРАХ

Николаева И.Ю. [1], Тарнопольская М.Е. [1], Бычков А.Ю. [1,2]

[1] *Геологический факультет МГУ (Москва)*
[2] *Институт геохимии и аналитической химии РАН имени В.И. Вернадского*
niko-geo@mail.ru

Фосфор является важнейшим биофильным элементом и во многих экосистемах ограничивает развитие жизни. Фосфорилированные биомолекулы играют главную роль в репликации и информации (как РНК и ДНК), метаболизме (как АТФ, НАДФН и другие коферменты) и структуре (как фосфолипиды). Несколько ключевых свойств фосфора как фосфата делают его выгодным для биологических систем, включая термодинамическую нестабильность в сочетании с кинетической стабильностью, состоянием заряда и координации и постоянным состоянием окисления в типичных окислительно-восстановительных условиях. Эти особенности особенно важны для формирования больших информационных полимеров и, следовательно, очень важны для возникновения и развития жизни на Земле. Однако в природных геохимических процессах активность фосфата определяется насыщением относительно малорастворимого фосфата кальция (апатита), что определяет низкую концентрацию этого элемента в природных водах. С точки зрения происхождения жизни, устойчивость апатита создает проблемы с объяснением появления пребиотических прокурсоров для синтеза фосфорсодержащих органических молекул [1].

В окислительно-восстановительных условиях на поверхности Земли строго доминирует ортофосфат, что определяется термодинамическими свойствами соединений фосфора [2]. Фосфаты являются основными носителями этого элемента, другие соединения с пониженной степенью окисления фосфора не являются стабильными. В железных метеоритах и изредка в результате геологических процессов возникают низковалентные соединения фосфора, но они окисляются с образованием ортофосфата в условиях поверхности Земли. Соединения низких валентных состояний фосфора могут возникать в гидротермальных процессах, в ряде современных термальных систем обнаружен фосфит-ион [3]. Изучение распределения жидкость-газ для современных гидротермальных систем дает информацию о новых малоизученных формах переноса элементов в газах. Фосфорная кислота относится к труднолетучим соединениям, однако в газовой фазе термальных источников Камчатки постоянно определяются заметные концентрации фосфора, что дает коэффициент распределения жидкость/газ близкий к 100. Такая летучесть не может быть объяснена распределением фосфора (V) и можно предположить формы с низкими валентностями. Исходя из этого предположения были сделаны термодинамические расчеты в программе HCh для всех газовых частиц фосфора имеющихся в базе данных.

Результаты показали, что преобладающей будет газовая молекула PO_2. Для проверки расчетов было проведено экспериментальное изучение переноса фосфора в газовой фазе в автоклаве с вентилем. Эксперименты проводились при температурах 200 и 250°C и давлении насыщенного пара воды. В автоклав вводилась навеска 3% раствора фосфорной

кислоты. Проба отбиралась через вентиль с капилляром в пробирку с дистиллированной водой. Содержание фосфора в пробах определялось колориметрическим методом. При прямом определении концентрации фосфора были крайне низкими, но после окисления результаты получались значительно выше.

Содержание фосфора в конденсате не зависит от продолжительности опыта, но зависит от температуры. При этом в эксперименте не удалось задать различные окислительно-восстановительные потенциалы системы при помощи добавления различных компонентов. Вероятно, в опыте титан играет существенную роль в определении степени окисления фосфора. Поэтому дальнейшее изучение проводилось в автоклавах с фторопластовыми вкладышами статическим методом с добавлением различных металлов.

Экспериментальное изучение переноса фосфора в газовой фазе статическим методом проводилось при 150 и 200°С и давлении насыщенного пара воды. Для этого в титановые автоклавы с фторопластовыми вкладышами объемом 180 мл помещался фторопластовый стакан с концентрированной фосфорной кислотой. В объем автоклава добавлялась бидистиллированная вода для обеспечения давления насыщенного пара при температуре опыта. Непосредственно перед закрытием автоклава в фосфорную кислоту добавлялись навески различных металлов (Zn, Co, Fe, Ni, Ti, Al).

В конденсатах в объеме пенала обнаружено 0.1-30 мг/л фосфора. Добавление различных металлов способствует переходу фосфора в газовую фазу. Для титана, мы получили сходные значения с экспериментом в автоклаве с вентилем. Расставив металлы в порядке уменьшения электроотрицательности, явной зависимости не наблюдается. Однако тенденция увеличения концентрации фосфора с ростом электроотрицательности добавленного металла есть, но сравнив угол наклона с расчетным, очевидно, что угол наклона не совпадает.

Исходя из проведенных исследований, можно сделать следующие выводы:

Фосфор переносится в газовой фазе в восстановительных условиях в присутствии металлов. В ряду снижения электроотрицательности металлов от Co до Zn коэффициент распределения возрастает. Результаты экспериментов свидетельствуют о возможности переносе фосфора в гидротермальных газах в виде низковалентных соединений.

Работа выполнена при поддержке РФФИ № 17-05-00257

Литература

1. *Pasek M.A., Harnmeijer J.P., Buick R., Gull M., Atlas Z. (2013) Evidence for reactive reduced phosphorus species in the early Archean ocean // PNAS 110 (25) 10089-10094*
2. *Holland H.D. (1984) Chemical Evolution of the Atmosphere and Oceans (Princeton Univ Press, Princeton)*
3. *Pasek M. A. (2008) Rethinking early Earth phosphorus geochemistry //PNAS, 105 (3), 853-858*

МЕТОДЫ ДЕНДРОИНДИКАЦИИ ОПАСНЫХ СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Николаева С.А., Савчук Д.А.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск
sanikol1@rambler.ru

Опасные склоновые события (сели, лавины, обвалы, камнепады, оползни и другие перемещения обломочного материала вниз по склону) не только разрушают инфраструктуру, приводя к гибели людей, но и приводят к изменению ландшафтов и экосистем. При отсутствии или нерегулярности наблюдений за ними наиболее перспективными оказались дендроиндикационные методы их мониторинга. С начала текущего века такие исследования в Западной Европе значительно активизировались, а в России, наоборот, резко сократились. Цель – дать обзор дендроиндикационных методов выявления, датирования и реконструкции опасных склоновых событий (сели, лавины, камнепады, обвалы) на разных этапах исследования.

Дендроиндикационные исследования основаны на концепции Дж. Шродера: «процесс – событие – отклик» [1]. Оно разбивается на несколько этапов, каждый из которых включает свои изложенные ниже подходы и методы, позволяющие выявить влияние склоновых явлений и минимизировать воздействие климатических и других факторов. На подготовительном этапе привлекаются недендроиндикационные методы, на последующих используются дендроиндикационные.

Подготовительный этап работы включает: выявление особенностей склоновых процессов на выбранной территории и факторов, способствующих их активизации, анализ изображений территории за разные годы (карты, схемы, аэрофотоснимки, спутниковые изображения, изображения с беспилотных летательных аппаратов), анализ характеристик и распределения растительности, в том числе деревьев, сбор свидетельств о склоновых событиях (собственные наблюдения, литература, данные архивов, сеть Интернет, опрос очевидцев), выбор модельных (ключевых) участков. В дендроиндикационных исследованиях для идентификации и оценки склоновой активности полезной является дополнительная информация: состав и структура растительности (фитоценотическая индикация), характеристика слоев селевых отложений (седиментационно-стратиграфическая индикация), возраст ископаемой древесины (радиоуглеродный анализ).

На этапе полевых работ проводят отбор деревьев с внешними нарушениями и их картирование с учетом различных типов нарушений деревьев, вида древесного образца и высоты его взятия на стволе, количества нарушенных и ненарушенных (контроль) деревьев. Такой отбор при дендроиндикационных исследованиях производится иначе, чем при дендроклиматических [2], и зависит от типа склонового процесса и наличия травм у деревьев. При исследовании селей и лавин применяли преимущественно целенаправленный способ отбора, камнепадов – по трансектам [3].

В качестве контрольных используют ряды прироста, полученные с нетравмированных деревьев, растущих (1) на соседних ненарушенных участках склона или (2) на тех же участках, где изучается склоновый процесс. Во втором случае контролем

также могут выступать и травмированные деревья, у которых (3) ряды прироста получены с неповрежденных секторов ствола, или (4) взят отрезок ряда, соответствующий времени их жизни, когда изучаемый фактор отсутствовал.

Для анализа ростовых реакций используются три вида древесных образцов: спил, выпил и керн. На спиле имеется вся доступная информация, но его взятие приводит к гибели дерева. В случае керна возможна потеря части необходимой информации, но дерево продолжает жить. Обычно с живых деревьев берутся керны, с погибших – спилы/выпилы на высоте видимых повреждений.

Минимальный размер выборки сильно варьирует: от 20 до 100 деревьев. Общее эмпирическое правило: “чем больше, тем лучше”. В тематических исследованиях минимальный размер выборки – 6–35 деревьев. Но реконструированная по ним частота событий считается неполной, а пространственная реконструкция – фрагментарной. Количество контрольных деревьев обычно составляет от 15 до 30.

Затем на этапе лабораторной обработки производят стандартную подготовку и измерение древесных образцов, их перекрестное датирование, датирование механических повреждений и ростовых реакций, нормирование и анализ древесно-кольцевых серий, определение возраста деревьев и времени появления их основных генераций, оценку интенсивности реакции деревьев.

Травматическая дендроиндикация – определение времени нанесения механического повреждения дереву. Маркеры: травма (рана) преимущественно ствола, которая часто сопровождается образованием каллюсной ткани. К этому же виду индикации условно можно отнести и определение года гибели дерева. Маркеры: стоящий сухой или лежащий ствол, пень.

Дендрометрическая индикация – определение времени воздействия склоновых событий по изменениям абсолютных или относительных величин радиального прироста. Маркер: резкое, значительное и иногда относительно продолжительное изменение (чаще снижение) прироста дерева.

Деформационная дендроиндикация – определение времени начала эксцентричного роста ствола дерева при наклоне и/или изгибе его основания. Эксцентричность роста является косвенным индикатором медленноразвивающихся склоновых процессов (оползни, сползание снега).

Анатомическая дендроиндикация – определение времени появления изменений в анатомической структуре древесины. Маркеры: травматические, или патологические, смоляные ходы и реакционная древесина, или древесина расширения/сжатия. Такие ходы появляются в древесине деревьев р. Larix, Picea, Abies, а р. Pinus – нет [4].

Возрастная дендроиндикация – определение времени появления основных генераций деревьев. Если склоновое событие было достаточно сильным, чтобы уничтожить деревья, то его оценка проводилась по возрасту появившихся генераций, как маркеру. Неопределенность датирования таким методом связана с трудностями в определении точного возраста дерева по годичным кольцам, которая с повышением возраста только

увеличивается, и видоспецифичностью и локальностью времени заселения деревьями участка территории после разрушительного склонового события.

В целом, точность датирования реакций у отдельных деревьев на основе маркеров травматической индикации обычно составляет 1–2 года, дендрометрической – 1 год, анатомической – месяц, сезон (но возможно запаздывание реакции дерева на событие), деформационной – от 1 до нескольких лет, возрастной – приблизительная (от 1 до 100 лет). Основными маркерами для датирования лавин, селей и камнепадов/обвалов являются маркеры травматической и дендрометрической индикации, дополнительными – возрастной и деформационной. Маркеры анатомической индикации зарекомендовали себя в условиях муссонного климата. Датирование склонового события считалось более надежным, если оно подтверждалось разными дендроиндикационными маркерами и на нескольких деревьях.

Как результат, выполняются пространственно-временные реконструкции склоновых событий на конкретных участках, т.е. оценка протяженности, частоты событий и интенсивности процесса. Обсуждаются достоинства и ограничения каждого метода, рассматриваются слабо разработанные или нерешенные проблемы дендроиндикации.

Исследование было выполнено в рамках госбюджетной темы № АААА-А17-117013050039-4).

Литература

1. *Shroder J.F. Dendrogeomorphology; review and new techniques of tree-ring dating // Progress in physical geography. 1980. V. 4(2). P. 161–188.*
2. *Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В., Круглов В.Б., Мазепа В.С., Наурзбаев М.М., Хантемиров Р.М. Методы дендрохронологии. Ч.1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. Красноярск: Изд-во КрасГУ, 2000. 80 с.*
3. *Trappmann D., Corona C., Stoffel M. Rolling stones and tree rings: A state of research on dendrogeomorphic reconstructions of rockfall // Progress in physical geography. 2013. V. 37. № 5. P. 701–716.*
4. *Stoffel M., Bollschweiler M. Tree-ring analysis in natural hazards research – an overview // Natural hazards and Earth system sciences. 2008. V. 8. P. 187–202.*

ДАТИРОВАНИЕ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ СЕЛЕЙ, ЛАВИН И КАМНЕПАДОВ (ВЕРХОВЬЯ Р. АКТРУ, СЕВЕРО-ЧУЙСКИЙ ХРЕБЕТ, ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

Николаева С.А., Савчук Д.А., Кузнецов А.С.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (г. Томск)
sanikol1@rambler.ru

Верховья р. Актру (Северо-Чуйский хребет, Горный Алтай) – высокогорная территория с постоянно протекающими склоновыми процессами, в т.ч. сели, лавины и камнепады/обвалы. Регулярные наблюдения за ними отсутствуют, информация о них весьма отрывочна. Поэтому важное значение приобретают косвенные дендроиндикационные методы их идентификации и датирования [1]. Цель – выявление, датирование и пространственная реконструкция селей, лавин и камнепадов/обвалов в верховьях р. Актру (Северо-Чуйский хребет, Горный Алтай) дендроиндикационными методами.

В верховьях р. Актру склоны до 2300 м занимают леса из лиственницы и кедра, выше горная тундра. Между ними располагается лесотундровый экотон с одиночными деревьями или в виде групп [1]. Модельные участки с преобладанием на них одного типа склонового процесса выбраны на левом более пологом и правом более крутом склонах долины. С деревьев по периферии участков отбирались спилы и керны. Контролем служили деревья, растущие в нижней части лесного массива. Ширина годичных колец (радиальный прирост) на образцах измерялась на измерительном комплексе LINTAB с точностью 0,01 мм. Полученные индивидуальные ряды прироста перекрестно датировались как между собой, так и контролем [2]. Прирост контрольных деревьев дополнительно сравнивался с региональной кривой. Датирование и реконструкция склоновых событий (лавин, селей, камнепадов/обвалов) проводилось с помощью трех методов дендроиндикации: травматической, дендрометрической, анатомической, а также привлекались свидетельства очевидцев и анализ изображений территории [см. Николаева, Савчук, настоящий сборник]. В работе использовались ряды температуры и осадков метеостанции Актру и Кош-Агач (70 км от Актру).

Датировка селей. По травмам на стволе и изменениям радиального прироста у деревьев селевого конуса левого борта за последние 55 лет хорошо датируется мощный грязекаменный сель, сошедший 24 июня 1984 г. У единичных деревьев обнаружены травмы после вегетационных сезонов 1993 и 2004 гг., которые могут диагностировать сход селей в 1994 и 2005 гг. Лето 1994 г. было дождливым, что является одним из условий схода селя. Селевые травмы ствола, а также наличие эрозионной ложбины на спутниковом изображении 2001 г и ее отсутствие на аэрофотоснимке 1975 г. показало, что сель 2005 г. в одном селевом бассейне левого борта остановился у верхней границы леса, тогда как в соседнем бассейне его глинистая фракция дошла до днища долины. По правому борту 14-16 июля 2012 г. сошли мощные грязекаменные сели, зафиксированные видеосъемкой, а по левому борту не дошли до верхней границы леса. Травмы от этих селей на деревьях не обнаружены. Также по левому борту вероятен сход грязевого селя 1998 г. О нем мы судим

по обнаруженным поверхностям, перекрытым глинистой фракцией, которые уже начали зарастать травянистой растительностью. Количество осадков в то лето было повышенным, на что указывает очень высокий уровень воды в р. Актру.

Датировка лавин. По типам повреждений у деревьев и их пространственному распределению на лавинных конусах судили о силе лавины и маршруте ее прохождения. Сухая лавина 31 декабря 2009 г. была достаточно крупной. Такими же крупными были лавины 1983/1984 и 1989/1990 гг. Лавины 1996/1997, 2001/2002, 2007/2008, 2009/2010 и 2013/2014 гг. были средними. Основной поток лавин 2009/2010, 2001/2002 и 1996/1997 гг. прошел по левой части первого конуса, а лавин 2007/2008 и 2013/2014 гг. – по его правой части. Лавины 1997/1998, 1999/2000, 2003/2004, 2010/2011 и 2014/2015 гг. были либо мелкими сухими, либо более крупными, но мокрыми. Основные потоки материала в 2012/2013, 2009/2010, 2006/2007, 2004/2005 и 1986/1987 гг. были смещены в правую часть второго конуса, а в 1997/1998, 1991/1992, 1990/1991, 1984/1985, 1974/1975 и 1973/1974 гг. – в левую. Три года подряд сходили небольшие мокрые лавины (в конце мая 2016, 2017 и 2018 гг.). Весной 1966 г. отмечен сход крупной лавины [3], но травм от нее на стволах и погибших деревьев не найдено.

Датировка камнепадов/обвалов. Самые заметные камнепады/обвалы, отмеченные по травмам деревьев, вызваны мощным Чуйским землетрясением 27 августа 2003 г. и его последующими афтершоками. Остальные события имеют более вероятный характер (по травмам с привлечением климатических данных и данных по землетрясениям): в 2007, 2002, 1990, 1985 и 1966 гг.

Таким образом, верховья р. Актру за последние полвека характеризуются невысокой селевой, низкой камнепадной, но достаточно сильной лавинной активностью.

Исследование было выполнено в рамках госбюджетной темы № АААА-А17-117013050039-4)

Литература

1. *Николаева С.А., Савчук Д.А., Кузнецов А.С. Особенности датирования селей, лавин и камнепадов в верховьях р. Актру (Северо-Чуйский хребет, Центральный Алтай) по травмам деревьев // Геоэкология. Инженерная геология. Гидроэкология. Геокриология. 2017а. № 4. С. 35–47.*
2. *Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В., Круглов В.Б., Мазепа В.С., Наурзбаев М.М., Хантемиров Р.М. Методы дендрохронологии. Ч.1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. Красноярск: Изд-во КрасГУ, 2000. 80 с.*
3. *Душкин М.А. Лавины в верховьях долины Актру // Гляциология Алтая. Томск: Изд-во Томского ун-та. 1974. Вып 8. С 39–59.*

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС ДЛЯ КОНТРОЛЯ МЕЖЕВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ НА ПРИМЕРЕ СЕВАСТОПОЛЯ

Новиков Б.А.

Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Севастополе

bober996@mail.ru

В рамках производственной практики 3 курса проводились обследования земельных участков на предмет определения границ земельного участка и фактических границ использования земли, полученные материалы обрабатывались и вошли в выпускную квалификационную работу. В ходе обследования использовалась GNSS съемка, сочетающая в себе точность и скорость проведения измерений. GNSS съемка используется как самостоятельный метод, так и для привязки полученных аэрофотоснимков.

Вопрос соблюдения границ земельных участков, для территории города Севастополя является одним из наиболее актуальных.

Наиболее типовыми нарушениями земельного законодательства являются нарушения использования земель, так частые случаи, вследствие, ряда факторов, выхода правообладателями за границы землепользования, обозначенного им при приобретении земли в собственность или пользованием на правах аренды.

Вторым типовым случаем является использование земельного участка не по целевому назначению, указанным в акте аренды или купли-продажи объекта земельных отношений. В некоторых случаях, такое случается по незнанию самих правообладателей об указанном в первоначальном акте предоставления земельного участка в собственность целевом назначении. Однако, гораздо более частым, являются случаи умышленного нарушения земельного законодательства, с целью, к примеру, получения выгоды. Особенно актуальным, не только для города Севастополя – как для города привлекательного для туристов этот вопрос становится в летний период. Проблемой становятся несанкционированное выстроенные временные летние площадки, которые собственники кафе, баров, ресторанов и других заведений, выстраивают за границами отведенного им землепользования. Такие постройки чаще всего носят временный характер, имеют неприглядный вид, мешают движению людей по тротуарам или даже создают опасные дорожные ситуации. Примером могут служить многочисленные временные постройки и пристройки на пляже Учкуевка Северной стороны г. Севастополя, где нарушения носят умышленный характер. Имеются случаи, когда нарушения в использования земель отсутствуют, в качестве примера можно привести Балаклавскую ТЭС

Кроме выявления нарушений законодательства, в ходе практической части работы проводились изыскания по проектированию дороги. Суть вопроса обстояла в отсутствии проезда в дальнюю часть лесного хозяйства, что может стать причиной возникновения чрезвычайно ситуации, вследствие, - невозможности проезда пожарной техники к источнику лесного пожара. Вся работа была разделена на две части: геодезические изыскания и проектная часть. В начала, при выезде на указанный участок была выполнена топографическая аэро-, фото- и GNSS съемка. После получения удовлетворительно

результата – наличию достаточного числа фотографий и точек-пикетов, была выполнена проектная часть, которая согласовывалась с заказчиком Главным управлением природных ресурсов и экологии или сокращенно – Севприроднадзором. При выборе расположения дороги учитывался ряд факторов:

1. Расположенные земельные участки, расположение земель сельхозугодий;

2. Рельеф – цифровая карта рельефа была получена на промежуточном этапе составления ортофотоплана,

3. Пожелание собственников смежных земельных участков.

В случаях, когда аэрофотосъемка невозможна, к примеру, для города Севастополя имеются зоны с ограничением полета беспилотных летательных аппаратов, GNSS съемка применяется как самостоятельный метод. Основными его достоинствами можно считать: точность измерений, удобство. В недостатках стоит отметить дороговизну, необходима оплата подключения к базовым источникам питания станция, ограниченность измерений в густо застроенных районах. В рамках выполненной работы проводились измерения на Матросском бульваре в г. Севастополе. Результатами исследования стала, план-схема с обозначенными на ней снесенными строениями, местоположения которых взято с ортофотоплана Севастополя 2010 года и прилагаемой документации, и фактически проводимыми на участке работами. Представленная схема использовалась в судебном процессе при решении земельных споров.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КРЫМСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

Пашкова Н.Г.

Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
pashkovanataly@mail.ru

Природные условия юго-восточной части Крымского побережья в сочетании с деятельностью человека создают обстановку, которая определяет характер и интенсивность новейших физико-геологических явлений. Побережье юго-восточной части Крымского полуострова, как объект геоморфологического изучения имеет значительную ценность, связанную с особым комплексом береговых процессов, определяющих динамику развития берегов. Территория характеризуется определенным развитием экзогенных процессов, обуславливающих особенности рельефа, основными из которых являются абразионные, гравитационные (осыпные, обвальные, оползневые) селевые, а также процессы аккумуляции, эрозии и выветривания.

Абразионные процессы активно протекают в районе от с. Морское до пос. Семидворье, что обусловлено преобладанием слабопрочных пород флишевой и флишоидной формации, а также большим количеством оползней, спускающихся вплоть до уреза воды [1]. В тоже время процессы абразии стимулируют развитие и активизацию вдольбереговых оползней. Скорость отступания бровки абразионного уступа в местах развития оползней достигает не менее 0,6 м/год; скорость размыва аргиллитов в коренном залегании не превышает 0,04 м/год [2]. Восточнее от с. Морское береговая линия становится сильно расчлененной и извилистой, с наличием множества мелких и более крупных мысов и бухт. Это обусловлено довольно разнообразным составом отложений разной устойчивости. Интенсивным развитием абразионные процессы характеризуются на участках тектонических подвижек, для которых свойственна высокая степень трещиноватости и передробленности пород [3]. Избирательное абрадирование береговой линии, в зависимости от литологии слагающих пород, приводит к образованию мысов, выступов, бенчей или мелких бухт, ниш с характерными микроскульптурами.

Обвально-осыпные процессы широко распространены на исследуемой территории, что обусловлено сильным расчленением рельефа с крутыми обрывистыми склонами. Наиболее интенсивные осыпные процессы развиты на склонах с крутизной от 25 до 50°, склоны с крутизной более 50о характеризуются преобладанием обвальных процессов [1]. Глинистые, флишевые и флишоидные отложения, легко поддающиеся выветриванию, а также протяженные территории с крутизной уклонов от 25 до 50°, обуславливают преобладание на территории исследования осыпных процессов над обвальными. Разрушенный и осыпавшийся материал способствует образованию осыпных шлейфов у подножий склонов. Обвальные процессы менее развиты и приурочены к местам образования скал и уступов, сложенных скальными породами (песчаники, известняки, конгломераты), а также могут быть приурочены к зонам трещиноватости. Под действием

обвальных процессов в пляжной полосе образуются глыбовые навалы, особенно ярко выраженные в районе мыса Меганом.

Оползневые процессы – по географическому распределению оползней было выделено 2 участка – от пос. Семидворье до с. Приветное и от с Морское до пгт. Курортное. Оба участка характеризуются наличием следующих генетических типов оползней: абразионные, эрозионные, смешанные и искусственные, преобладающими из которых являются первые два типа. По возрасту и активности оползни делятся на: 1) древние, стабилизировавшиеся; 2) современные: а) временно-стабилизировавшиеся б) активные в) регрессивные. Все типы оползней пользуются широким распространением в прибрежной полосе от пос. Морское вплоть до г. Алушта. В местах активизации оползней ширина пляжа измеряется несколькими метрами и характеризуется неровной, бугристой поверхностью, которая сформировалась за счет обвалившихся боков оползневых пород.

По степени селевой активности исследуемую территорию можно разделить на два участка: западный – от пос. Семидворье до г. Судак и восточный – от г. Судак до пгт. Курортное. Наиболее селеопасным является западный участок [1]. Для первого типа характерны частые, средние по мощности селепроявления (долины рек Шелен и Ворон), а для второго – характер селепроявлений зависит от темпов разрушения пород и накопления рыхлого материала в нижних частях склонов (долины рек Кутлак и Ай-Серез), откуда он может быть вовлечен в селевой поток. Образующиеся при селевых процессах конусы выноса откладываются в море, их максимальная высота достигает 3 м, в среднем высота конусов выноса колеблется от 1,4 до 1,6 м.

Эрозионные процессы на территории исследования развиты повсеместно, чему способствуют значительные углы наклона рельефа (от 25о и более), редкая растительность, значительный общий уклон к уровню моря. Наиболее интенсивное горизонтальное расчленение приурочено к районам бассейнов р. Шелен и р. Ворон. Для территории исследования характерно наличие как боковой, так и донной эрозии. В среднем овраги во флишевых и глинистых отложениях растут со скоростью 0,2 – 0,3 м/год, с максимальным увеличением длины оврага 1,5 – 6 м [2]. Наиболее интенсивно овраги растут во время ливневых дождей. Аккумулятивные процессы отмечаются в бухтах. Они выражаются в формировании и переформировании пляжей, кос, подводных валов (баров). Процессы выветривания наиболее активны на водоразделах и склонах, сложенных известняками под маломощным элювиальным слоем.

В результате исследования и анализа состояния береговой зоны юго-восточной части Крымского полуострова было определено, что основным фактором, обуславливающим разрушение склонов, является абразия, развивающаяся в обстановке трансгрессии. Размыв береговой линии в данных геологических условиях сопровождается оползневыми процессами. Геоморфологическим отображением глубоких оползневых деформаций мэотических отложений является оползневой амфитеатр. Широко распространены селевые процессы, что отличает исследуемый участок от прилегающих территорий.

Литература

1. *Леонтьев О.К., Никифоров Л.Г., Сафонов Г.А. Геоморфология морских берегов. М.: Изд-во МГУ, 1975. 385 с.*
2. *Зенкович В.П. Морфология и динамика берегов Черного моря. Т.2.М.: Изд-во АНСССР, 1960. 216 с.*
3. *Благоволин Н.С., Победоносцев С.В. Современные вертикальные движения берегов Черного и Азовского морей. Геоморфология. – 1973. - № 5. – С. 46-55.*

БРЕКЧИИ, ЗОНЫ РАССЛАНЦЕВАНИЯ И ТРЕЩИНОВАТОСТИ СРЕДНЕГО СТРУКТУРНОГО ЭТАЖА ГЕРАКЛЕЙСКОГО ПОЛУОСТРОВА КРЫМА

Промыслова М.Ю., Демина Л.И.

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
mary.promyslova@gmail.com

В геологическом строении Гераклейского полуострова Юго-Западного Крыма выделяется три структурных этажа. Верхний сложен известняками и глинами неогена, залегающими субгоризонтально и образующими плато. Они подстилаются выклинивающейся к ЮЗ маломощной толщей мела и палеогена. Образования среднего структурного этажа обнажаются в береговых обрывах района мыса Фиолент и представляют собой меланж, состоящий из кластолитов и матрикса юрских магматитов. Нижний структурный этаж, выделяемый по геофизическим данным, представлен слоистой осадочной толщей, смятой в крупную Гераклейскую антиклиналь [4].

В районе мыса Фиолент в составе среднего структурного этажа присутствуют все члены разреза офиолитовой ассоциации, образовавшейся над зоной субдукции в задуговом бассейне спредингового типа [1]. С формированием данного бассейна связаны толщи брекчий вулканогенно-осадочной природы, количество которых заметно возрастает к юго-востоку.

В клифах западной части Мраморной бухты обнажаются глыбовые брекчии, состоящие из крупных (до 0,8–1 м) обломков долерито-базальтов параллельных даек. В цементе, помимо пород даек, присутствуют серпентинизированные породы и карбонатный материал.

Офиокальцитовые брекчии расположены к западу от обнажений глыбовых разностей. В них присутствуют как остроугольные, так и в разной степени окатанные обломки размером до 0,5–0,8 м разнообразных пород (серпентинитов, серпентинизированных ультрабазитов, долеритов даек, основных лав). Обломки сцементированы карбонатным материалом с небольшой долей (до 3%) силикатного компонента.

Офиокальциты перекрыты толщей подушечных лав, отдельные потоки которых разделены прослоями их брекчий, также сцементированных карбонатным материалом [2].

К западу от мыса Айя-Бурун обнажаются две толщи брекчий, различающихся размерами обломков и их составом. Контакты этих толщ с окружающими породами полностью засыпаны продуктами разрушения неогеновых известняков. Первая состоит из крупноглыбовых брекчий, в которых размеры глыб составляют несколько десятков см, иногда достигают 1 м и более. В обломках присутствуют преимущественно основные лавы, иногда их отдельные подушки. Крупные обломки погружены в мелкообломочную массу алевритовой и пелитовой размерности с глинисто-кремнистым цементом, при этом карбонатный материал в цементе практически отсутствует. Грубообломочные брекчии перекрывают подушечные лавы, что хорошо видно в юго-западном клифе небольшого мыса. Можно предположить также, что лавы слагают крупный кластолит, захороненный в

брекчиях. Подобный линзовидной формы кластолит метаморфизованных зеленых (предположительно ультраосновных) пород наблюдается в подушечных лавах береговых обрывов небольшой бухточки, расположенной к западу от Мраморной.

Вторая толща брекчий отделена от первой разрывом и заметно отличается размерами (от долей мм до 10 см) обломков, имеет пестрый состав – в обломках присутствуют как основные лавы, так и кислые, а также осадочные кремнистые породы, хлоритовые сланцы, ультрабазиты и др. Количество цемента глинисто-кремнистого состав в ней существенно выше.

Брекчии, обнажающиеся в обрывах мыса Львенок, сложены угловатыми и слабо окатанными обломками основных и ультраосновных пород, реже слоистых первично глинисто-терригенных образований, сцементированных матриксом, состоящим из микро- и мелкообломочного материала этих же пород, а также кремнистыми образованиями – яшмами светло-голубовато-зеленого цвета. Среди обломков брекчий встречаются пластинчатые разности, представляющие собой гиалокластиты, образовавшиеся при растрескивании быстро остывающих в подводных условиях лав. Брекчии метаморфизованы в условиях высокотемпературной ступени зеленосланцевой фации.

В окружении экструзивных тел (купол Монах) широко развиты брекчии плагиориолитов, образующиеся в результате растрескивания и разламывания вязкой магмы в момент роста купола. Обломки имеют различную величину и форму – от глыб до мелкообломочного цемента; характерна идентичность состава пород разных обломков между собой и составом самого экструзивного тела [1].

Помимо первичных вулканогенно-осадочных брекчий в районе мыса Фиолент очень широко распространены брекчии тектонической природы, приуроченные к многочисленным зонам разрывов и рассланцевания, в том числе надвиговой природы. Породы в таких зонах брекчированы, катаклизированы, милонитизированы и замещены вторичными минералами – альбитом, кварцем, хлоритом, карбонатами, актинолитом, эпидотом, цеолитами, оксидами железа и другими минералами.

Подобные зоны преимущественно северо-восточного простирания обнажены к западу от скалы Утюг, непосредственно на мысе Фиолент, в клифе Яшмовой бухты, с восточной стороны купола Монах, к западу от мыса Айя-Бурун и других местах. Зоны рассланцевания, разрывов и трещиноватости северо-западного простирания хорошо видны в скальных обрывах мыса Виноградный и клифе района мыса Броневой. Эти структуры связанны с формированием позднеюрско-раннемеловой Предгорной коллизионной сутуры, выделенной В.В. Юдиным [4].

Движения по зонам разрывов и рассланцевания происходили и в четвертичное время, что фиксируется в перекрывающих магматиты неогеновых известняках, а также выявлено методами структурно-геоморологического анализа Гераклейского полуострова [3].

К участкам развития брекчий, зон рассланцевания и трещиноватости среднего структурного этажа приурочены наиболее интенсивные процессы разрушения и обвалы

неогеновых известняков Гераклейского плато, что необходимо учитывать при хозяйственной деятельности.

Литература

1. *Промыслова М.Ю., Демина Л.И., Бычков А.Ю. и др. Офиолитовая ассоциация района мыса Фиолент (Юго-Западный Крым) // Геотектоника. 2016. № 1. С. 25–40.*
2. *Промыслова М.Ю., Демина Л.И., Гущин А.И., Короновский Н.В. Типы брекчий офиолитовой ассоциации Юго-Западного Крыма и их значние для палеогеодинамики региона // Вестник Моск. ун-та. Серия 4. Геология. 2017. № 3. С. 35–40.*
3. *Промыслова М.Ю., Брянцева Г.В., Демина Л.И., Косевич Н.И. Новейшие структуры Гераклейского полуострова (Юго-Западный Крым) // Вестник Моск. ун-та. Серия 4. Геология. 2019. № 2. С. 8–16.*
4. *Юдин В.В. Геодинамика Крыма. Симферополь: ДИАЙПИ. 2011. 333 с.*

ЛАНДШАФТНО ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В МЕЖДУРЕЧЬЕ КАЧИ И БЕЛЬБЕКА

Прыгунова И.Л., Анкудинова М.Д., Бадаева А.А., Бараненко А.В., Литау В.А., Цуканова А.В.

Филиал МГУ им. Ломоносова в городе Севастополе
irina_prygunova@mail.ru

С давних времён территория Большого Севастополя и всего Крымского полуострова в целом, являлась благоприятной для жизни, использования земель в качестве природного ресурса. Таким образом, сформировалось устоявшееся природопользование, которому уже более 2500 лет, базовым из которых является виноградарство и виноделие, территория «легких вин» Алькдар. Сложившееся использование земли и антропогенная деятельность повлияли на условно-коренные ландшафты Большого Севастополя, в особенности это прослеживается в прибрежной его части, в частности, в междуречье Качи и Бельбека.

Цель полевого исследования 2019 года — изучить и проанализировать изменения в структуре ландшафтов с помощью анализа динамики структуры различных типов природопользования, исторически сложившихся на территории междуречья Качи и Бельбека.

Для достижения поставленной цели необходимо было выполнить ряд задач:

1. провести ландшафтно-геоэкологическое иследование на территории междуречья р.Качи и р. Бельбека;
2. провести геоэкологический анализ исследуемой территории;
3. определить основные типы природопользования, присущие междуречье Качи и Бельбека;
4. выявить влияние сложившегося природопользования на структурные изменения условно-коренных ландшафтов;
5. составить картосхему "Сложившаяся структура природопользования в междуречье Качи и Бельбека на июнь 2019 г."

Сельскохозяйственное природопользование в междуречье Качи и Бельбек сложилось так, что немалую часть пространства занимают виноградники. Это связано с подходящими климатическими условиями, отсутствием промышленных сооружений поблизости, а также с отсутствием высоких строений и деревьев. Данный тип природопользования является самым распространённым и занимает большую площадь исследуемой территории, следовательно, оказывает наибольшее влияние на изменение структуры ландшафтов.

Селитебное природопользование на исследуемой территории также занимает немалую часть, так как рядом находятся садовые товарищества «Мираж» и «Берег», «Бельбек-1,2» (территория бывшего поселения Расплата) и посёлок Любимовка, в настоящее время можно тоже рассматривать как рекреационное. Данные населённые

пункты играют немалую роль в преобразовании и изменении условно-коренных ландшафтов.

Коммуникативное природопользование не сильно влияет на структуру ландшафтов, так как транспортная сеть в данном районе развита крайне слабо: дорога «Северная – Кача» не доходит до многих дачно-садовых кооперативов, несмотря на присутствие аэропорта «Бельбек» двойного назначения, доступ к нему невозможен без разрешения, так как это объект военной и гражданской инфраструктуры, находящийся на реконструкции; вместе с тем, хорошо развиты грунтовые дороги между полями, садовыми товариществами и дорожно-тропиночная сеть между поселениями; водный транспорт не развит (за исключением наличия частных лодок и судов), канализация и водопровод отсутствуют в виде единой системы, линии электропередач развиты сравнительно лучше всех прочих.

Рекреационное природопользование встречается рядом с садовыми товариществами и посёлком, так как именно там существуют необходимые условия для отдыха и туризма, а также практически на всем протяжении «диких пляжей» от Любимовки, устья Бельбека до устья Качи. В выходные дни она достигает до 1000-1200 чел на 1 км пляжа. Здесь одно из самых любимых мест севастопольцев и гостей города для отдыха с палаткой, молодежные и семейные группы с детьми, а также пенсионеры, предпочитающие активный пешеходный туризм.

В междуречье Качи и Бельбека также присутствует военное природопользование. На исследуемой территории располагается военный аэропорт «Бельбек», который, в свою очередь, также вносит изменения в структуру условно-коренных ландшафтов прибрежной территории.

В ходе исследования в районе балки Языковой обнаружена геоконфликтная территория на частных землях, – карьер по добыче природных ресурсов (гальки, песка, щебня), функционирующий в водоохранной зоне в нарушение федерального законодательства, глубиной более 5 м. Полученные визуальные материалы уточняются в соответствующих органах регулирования природопользования, поэтому они не вошли в предложенную картосхему.

Таким образом, сложившаяся структура природопользования, на июнь 2019 года, говорит о продолжающихся антропогенных изменениях условно-коренных ландшафтов, соответственно, имеющаяся нагрузка продолжает усиливать неблагоприятные природные явления и геолого-геоморфологические процессы: обвалы, оползни, абразия берегов, сейсмичность. Очень хорошо это прослеживается в прибрежной зоне, где в результате сформировались обвально-оползневые амфитеатры как рефунгиумы местной флоры и фауны, наряду с вязовыми байрачными лесами, сохранившимися в овражно-балочных системах, спускающихся к морю, прибрежно-морские клифы, со свежими обвалами и оползнями.

Более подробные исследования будут отражены в Отчете по ландшафтно-геоэкологической практике 2 курса 2019 г. кафедры геоэкологии и природопользования Филиала МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Севастополе. Рабочая картосхема также будет уточнена.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ. ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

Пушкарев П.Ю.

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
pavel_pushkarev@list.ru

Электромагнитные зондирования (ЭМЗ) литосферы относятся к низкочастотным методам электроразведки. Они подразделяются на методы, использующие естественное переменное поле (магнитотеллурическое зондирование, МТЗ) и методы, использующие искусственные поля, среди которых есть работающие в частотной области (частотное зондирование, ЧЗ) и во временной области (зондирование становлением поля, ЗС).

В основе методов ЭМЗ лежит принцип скин-эффекта: чем больше период колебаний поля (или время становления поля), тем глубже оно проникает в Землю. При этом поле на земной поверхности зависит от удельного электрического сопротивления (УЭС) горных пород. Таким образом, постепенно увеличивая период колебаний поля (или время становления поля), мы можем наблюдать, как УЭС меняется с глубиной.

УЭС горных пород зависит от ряда факторов, но наиболее значимы глинистость и флюидонасыщенность, а также тип флюида (нефть, пресная вода, соленая вода). Впрочем, нефтеносные пласты обладают малой мощностью при большой глубине залегания, и создают малозаметную с поверхности аномалию. Ярче проявляются кровля фундамента и границы между комплексами горных пород, слагающих осадочный чехол, а также латеральные изменения УЭС этих комплексов, которые могут иметь различную природу.

Методы ЭМЗ начали применяться для изучения осадочных бассейнов в 1950-х годах. Они пришли на смену методам электроразведки постоянным током, эффективность которых при глубинных исследованиях была невысокой. Позднее с помощью ЭМЗ были получены важные сведения о строении осадочного чехла Восточно-Европейской платформы, Западно-Сибирской плиты, Восточно-Сибирской платформы и других регионов. При этом в осадочном чехле выделялось 2-3 слоя, прослеживалось положение их границ по профилям, при наличии системы профилей строились карты глубины до фундамента и других параметров.

В 1990-х годах в связи с появлением портативной производительной геофизической аппаратуры, развитием вычислительной техники и программного обеспечения, существенно повысилась детальность исследований как по латерали, так и по глубине. На геоэлектрических разрезах вдоль профилей, состоящих из многих десятков точек зондирования, в осадочном чехле стали выделять до 10 слоев, что позволяет обнаруживать локальные поднятия и разломы, а также изменения свойств по латерали. Интерпретацию стало возможным выполнять в рамках 2D и даже 3D моделей среды, что важно при наличии существенных горизонтальных неоднородностей.

В последние годы появляются примеры применения ЭМЗ для оценки пространственных изменений фильтрационно-емкостных свойств и

нефтегазонасыщенности отдельных пластов. Это стало возможным на площадях с густой сетью наблюдений при наличии скважин с данными электрокаротажа и структурного каркаса по данным сейсморазведки. Другим перспективным направлением является морская электроразведка, выполняемая на шельфе с донными станциями или плавающими установками. При этом применяются специальные модификации всех наземных методов ЭМЗ, а к числу успешно решаемых задач относятся также картирование многолетнемерзлых пород и газогидратов в верхней части разреза.

БИОГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ В ИЗУЧЕНИИ ЭКОСИСТЕМ КРЫМА

Пышкин В.Б. [1], Прыгунова И.Л. [2]

[1] *Крымский федеральный университет, г. Симферополь*
[2] *Филиал МГУ в городе Севастополе*
vpbiscrim@mail.ru

Активное развитие геоинформационных систем как технологической базы интеграции пространственно-координационной информации позволяет обеспечить все виды операций по созданию, хранению и аналитической обработке цифровых отображений экосистем, выделять их границы, состав, структуру и иерархическую организацию в картографические базы и банки баз данных их элементов, объединенных общей системой классификации и кодирования. С развитием и доступностью аэрокосмических методов дистанционного исследования экосистем Земли стало возможным перекачивать громадные массивы информации в «картинки-концентраты знаний», визуализировать основные информационные потоки в экосистемах и между ними [1, ст.50].

С целью изучения механизм актуализации потенциальных экосистем структура организации которых содержит все возможные варианты их стационарных состояний, специалисты кафедра экологии и зоологии КФУ им В.И. Вернадского и кафедра геоэкологии и природопользования филиала МГУ им М.В. Ломоносова в г. Севастополе работают над созданием биогеоинформационной модели Крымского полуострова (проект *BisCrim+GisCrim*). Модель представляет собой банк баз данных, сложная структура которого является информационным отражением состава, структуры и состояния всех уровней организации экосистем и их компонентов в пределах Крымского полуострова. Её основой являются картографический и экологический блоки банка баз данных[2, ст.32].

Первый (*GisCrim*) состоит из серии электронных карт, которые выполняют одновременно несколько функций: выступают как основа пространственной модели экосистемы и как средство оперативной передачи пространственно-временной информации. Он отображает ландшафтный каркас полуострова: высота над уровнем моря, крутизна, длинна и экспозиция склонов их геоморфология, литология и т.д. Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) содержащие серии космоснимков со средним и высоким пространственно-временным разрешением и отображением поверхности полуострова в спектральных диапазонах разных излучений. Детальность этих снимков и информация, полученная по спектральным каналам, позволяет выделить границы экосистем, а генерализация установить их иерархическую структуру.

Второй блок *BisCrim* (биоинформационные системы Крыма) – это реализованная на основе *GisCrim*, система функционально - и пространственно-распределенных подсистемных баз данных: *CrimInsecta, CrimMammalia, CrimAves, CrimReptilia, CrimAmphidia, CrimSoil, CrimFlora и др.* Их основой являются авторские разработки по биоэкологии, биологии, морфологии, систематики и хорологии биологических видов и почв для которых достоверно известны пространственные координаты их нахождения в экосистемах полуострова. Экологическая информация блока представлена в виде «базовой

карты» - карты элементарных экосистем полуострова, которая содержит наиболее характерные сведения об экосистеме. Она логически организована как набор электронных слоев однородных объектов, т. е. серии компонентных электронных тематических карт - геологического строения, четвертичных отложений, почв, климата, флоры, фауны их физико-химических показателей, таксономического и видового богатства, иерархического разнообразия и сложности организации комплексов этих экосистема.

Для их визуализации наиболее удобной ГИС является *ArcView* которая представляет собой настольную геоинформационную систему и позволяет быстро отображать различные комбинации данных, проводить универсальный растровый пространственный анализ. Наиболее интересными для создания цифровых моделей экосистем являются модули: *ArcView SpatialAnalist* - обеспечивающий растровое и векторное моделирование и включает в себя такие функции как определение расстояния и близости, моделирования поверхности и др., и *ArcView 3DAnalist* – который предназначен для создания трехмерных контуров, выполнения трехмерного пространственного анализа, создания поверхности и плотности распределения данных, а также моделирования пространственно-временной динамики экосистем.

Уровень организации выделяемой экосистемы отвечает уровню развития ландшафта, в котором эта экосистема формируется [3 ст.214]. Экосистему невозможно представить вне ландшафта (хотя ландшафт, без экосистемы можно). Они связаны вещественно-энергетическими взаимодействиями, которые во многом определяются информационными полями геосистем. Ландшафтное пространство представляет собой совокупность смыкающихся и перекрестно наложенных друг на друга полей хорионов, образующих единое ландшафтное поле, подобно «вязи ажурного платка», визуализацию которого в пространстве можно увидеть по расположению элементарных экосистемам.

Крымский полуостров можно рассматривать как сложную, иерархическую геосистему, состоящую из геоморфологических элементов (ГМЭ) различных уровней организации, в пределах которых формируются экосистемы. Поскольку предполагаемая модель является сложной структурной системой, она всегда имеет какую-то степень неоднородность. С нарастанием неоднородности степень единства в ограниченной части пространства повышается на столько, что возникающие ГМЭ обособляясь от окружающих, выделяется из них. Отсюда первоочередной задачей является определение границ ГМЭ и поиск тех приделов геоморфологической неоднородности которые, позволяют говорить о самостоятельном природном теле, отличном от окружающих тел. Под ГМЭ понимаются любые естественные комплексы горных пород и образующие ими формы рельефа, а так же сочетания самих геоморфологических элементов образующих более высокий уровень организации геосистем (геоморф) с чёткими или диффузными границами, отличающиеся от соседних по своим геоморфологическим признакам (высота, экспозиция, крутизна, уклон и т.д.). Элементарный ГМЭ - это минимальный объём геопространства, размеры которого достаточно большие, чтобы иметь полный спектр вариабельности соотношений анализируемых геоморфологических признаков. Элементарные ГМЭ и их сочетания являются устойчивыми (инвариантными) образованиями, выделяющиеся в структурной организации геоинформационного пространства создаваемой модели. Они представляют собой пространственно-временные ячейки, в пределах которых явления и события в их

взаимосвязи и взаимообусловленности находятся под контролем самореализации более высокого иерархического уровня модели. В зависимости от уровня организации геоморфологического элемента и внутреннего строения, размеры его могут колебаться от нескольких метров до сотен километров.

При построении экологической модели Крыма необходимо различать иерархическую серию последовательных уровней её организации, каждый из которых требует специфических методов и подходов исследования, контроля и управления. Организация здесь рассматривается и как структура, и как процесс, ведущий к созданию этой структуры. В понятии «организация» фиксируется два аспекта: структурная упорядоченность геоморфологических элементов (взаимосогласованность взаимодействия, более или менее дифференцированных и автономных ГМЭ, как частей одного уровня, обусловленная его строением) и эволюционная направленность (совокупность процессов ведущих к образованию взаимосвязей между уровнями системы).

Процесс саморазвития взаимодействий в геоинформационном пространстве приводит к тому, что здесь одновременно формируется множество целостных экосистем: от самых мелких, неустойчивых, сиеминутных, возникающих и почти сразу исчезающих элементарных экосистем (биогеоконсорций) на самом «нижнем» уровне создаваемой модели, до, квазистабильной открытой, сложноорганизованной системы в пределах полуострова [4 ст.28].

Литература

1. *Пышкин В. Б., Игнатов Е. И., Прыгунова И. Л. Биогеоинформационные методы изучения экосистем в современной экологии // Проблемы региональной экологии. - 2016. - № 5. - С. 49-58.*
2. *Пышкин В.Б. Перспективы разработки биогеоинформационной модели наземных экосистем // Перспективные разработки науки и техники-Белгород: Руснаучкнига; Серия: География: Том 12. Днепропетровск: Наука и образование, 2004. – С.30-33.*
3. *Пышкин В.Б.Игнатов Е.И., Прыгунова И.Л. К изучению разнообразия экосистем Крыма \ Тез. докл. межд. науч-технич. конф. «Системы контроля окружающей среды»– Севастополь: ИПТС, 2016.- С.214.*
4. *Пышкин В.Б., Громенко В.М. Микроуровни организации биогеоин-формационной модели Крыма. – Перспективные разработки науки и техники-Белгород: Руснаучкнига; Серия: География: Том 12. Днепропетровск: Наука и образование, 2004. – С.28-30.*

ИНТРУЗИИ МОРСКИХ ВОД К ПРИБРЕЖНЫМ ВОДОЗАБОРАМ

Расторгуев А.В. , Левицкая Е.В.

Геологический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова
levic.kate@gmail.com

Интрузия - это внедрение клина соленых морских вод в прибрежные напорные или безнапорные водоносные горизонты [8]. Проблема интрузии морских вод актуальна для всех стран, имеющих выход к морским акваториям [2,3,5,6,7,8,11] . В Нидерландах известны случаи внедрения соленого клина в прибрежные водоносные горизонты на десятки километров [2], что приводит к ухудшению качества воды и выходу из строя водозаборов. Важную роль в прогнозировании распространения морских интрузий и разработке мероприятий по минимизации ущерба, с ними связанного, играют различные модели: физические [7], аналитические [2,7,8,9] , численно-аналитические [4] и численные [1,2,3,5,6,9,10]. Для аналитических и численно-аналитических оценок часто исходят из предположения о резкой границе раздела и отсутствия перемешивания между пресными и солеными водами. Аналитическая оценка предельного распространения интрузии L для однородного напорного водоносного горизонта, характеризующегося коэффициентом фильтрации k и мощностью m, может быть сделана по следующей формуле [2,11]:

L=km2a/(2q)

где a - отношение разности плотностей соленой и пресной воды по отношению к плотности пресной воды; q – удельный расход потока подземных вод, разгружающегося в море. Приведенная формула позволяет считать, что интрузии существуют всегда, если есть различие плотности морских и подземных вод. Сокращение морской разгрузки связано с подземными водозаборами в прибрежной зоне, т.к. происходит частичный перехват естественного потока, вследствие чего клин соленых вод продвигается вглубь водоносного горизонта на значительные расстояния.

На территории города Севастополь в ходе лабораторных исследований были отмечены превышения ПДК по минерализации, хлоридам и жесткости в некоторых водозаборных скважинах, что может быть связано с интрузией морских вод. Для изучения данной проблемы был выбран Орловский водозабор, расположенный на территории г. Севастополя, в приустьевой части долины р.Кача. Орловский водозабор состоит из 16 скважин (из них 7 скважин законсервированные, 2 - резервные). Скважины оборудованы на водоносный горизонт средне-верхнесарматских отложений, представленных трещиноватыми известняками. Суммарный водозабор в настоящее время составляет 14,8 тыс. м3/сут. Нами был проведен аналитический расчет длины морской интрузии по приведенной выше формуле. Оказалось, что при средних значениях фильтрационных параметров длина интрузии при отсутствии влияния водозабора была бы равна 70 м и соленая вода не достигала бы области расположения водозаборных скважин. При сокращении морской разгрузки, связанной с работой водозаборов, длина интрузии оказалась равной 3900 м, что объясняет ухудшение качества воды водозабора.Для более точного учета особенностей объекта было выполнено численно-аналитическое моделирование распространения интрузии к водозабору методом аналитических элементов

(МАЭ). При расчетах были учтены реальное расположение водозаборных скважин, неоднородность фильтрационных свойств. Река Кача на модели была реализована граничным условием III рода (уровень реки и сопротивление ложа). Подготовка данных и моделирование были выполнены с помощью программы GFLOW. Максимальное продвижение интрузии, полученное МАЭ, оказалось равным 3750 м. Наиболее точно развитие интрузии можно оценить на основе связанных моделей фильтрации и конвективно-дисперсионного переноса. Для того, чтобы получить связанное решение двух моделей, результаты фильтрационной задачи берутся с предшествующего временного шага или уточняются итерационно [2,3,6]. Это требует больших вычислительных затрат и надежных программных средств. Для численного моделирования интрузии морских вод в настоящее время наиболее надежными программными кодами сейчас являются SEAWAT (ортогональная сетка, метод конечных разностей)[3], FEFLOW (неструктурированная сетка, метод конечных элементов) [1], GeRa (неструктурированная сетка, метод конечных объемов [9]. В данном исследовании расчеты интрузии к водозабору были выполнены на основе программы SEAWAT.При расчетах область фильтрации была разбита на 100x100 ячеек в плане и на 10 слоев в разрезе. При расчётах величина продольной дисперсивности была принята равной 1 м, а поперечной - на порядок меньше. Оказалось, что максимальное продвижение интрузии в модели, учитывающей смешение морских вод с подземными, равно 3025 м. Это меньше, чем при использовании модели с резкой границей раздела, и согласуется предшествующими исследованиями [6], свидетельствующими, что дисперсия, особенно поперечная, сокращают размер интрузии.

Для регулирования продвижения интрузии предлагаются мероприятия, среди которых: создание слабопроницаемых стенок [7], водоемов, увеличивающих морскую разгрузку подземных вод [5] и др. Применительно к Орловскому водозабору методом аналитических элементов была выполнена оценка создания водохранилища на р. Кача для сокращения интрузии. Расчеты показали возможность сокращения интрузии до 900 м при создании водохранилища . Однако это предварительная оценка, нуждающаяся в дальнейшей глубокой проработке.

Литература

1. *Diersch, H.J.G., 2002. WASY Software-FEFLOW: Finite Element Subsurface Flow & Transport Simulation System (Reference manual). WASY, Berlin*
2. *Gualbert H.P. Oude Essink. Density dependent groundwater flow. Hydrological transport processes/groundwater modelling, Utrecht University Interfaculty Centre of Hydrology Utrecht Institute of Earth Sciences , Department of Geophysics,2001.*
3. *Guo, W., Langevin, C.D., 2002. User's guide to SEAWAT: a computer program for simulation of three-dimensional variable-density groundwater flow. US Geol. Surv.1–434*
4. *Haitjema, H. M. Analytic element modeling of groundwater flow, Academic Press, 1995.*
5. *Motallebian M, Ahmadi H., Raoof A., Cartwrightd N. An alternative approach to control saltwater intrusion in coastal aquifers using a freshwater surface recharge canal. Journal of Contaminant Hydrology 222 (2019), p. 56–64*
6. *Qu W., Li H.,Wan L.,Wang H., Jiang X. Numerical simulations of steady-state salinity distribution and submarine groundwater discharges in homogeneous anisotropic coastal aquifers. Advances in Water Resources 74 (2014) 318–328*
7. *Strack, O.D.L., Stoeckl L., Damm K., Houben G., Ausk B.K., de Lange W. J. Reduction of saltwater intrusion by modifying hydraulic conductivity, Water Resources Research, 10.1002/2016WR019037, 2016, p. 6978-6988*
8. *Де Уист, Р.Д. Гидрогеология с основами гидрологии суши, Издательство Мир, 1965.*

9. *Капырин И.В., Иванов В.А., Копытов Г.В., Уткин С.С. Интегральный код GeRa для обоснования безопасности захоронения РАО // Горный журнал – 2015 – №10 – С.44-50.*
10. *Расторгуев А.В. Численные методы расчета фильтрации минерализованных подземных вод. -В сб.:" Технология и технические средства строительного водопонижения и дренажа.". Труды института ВОДГЕО, М., 1990, с.72-79*
11. *Шестаков В.М. Гидрогеодинамика, Изд-во МГУ. 1995.*

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРООБРАЗУЮЩИХ ДЕФОРМАЦИЙ НА РАННИХ СТАДИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ СОПРЯЖЕННЫХ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОКРАИН ИБЕРИИ И НЬЮФАУНДЛЕНДА

Ращупкина А.О. [1], Дубинин Е.П. [1], Грохольский А.Л. [2], Агранов Г.Д. [1]

[1] *Геологический факультет МГУ имени М.В Ломоносова*
[2] *Научно-учебный музей землеведения МГУ имени М.В. Ломоносова*
Anastasiaforo@gmail.com

Выявление условий образования и развития пассивных континентальных окраин является актуальной научной проблемой, так как в их пределах формируются осадочные нефтегазоносные бассейны, строение которых зависит от особенностей перехода от континентального рифтинга к океаническому спредингу. Целью работы является выявление особенностей структурообразующих деформаций на ранних стадиях формировании пассивных континентальных окраин Иберии и Ньюфаундленда при переходе от континентального рифтинга к океаническому спредингу на основе метода физического моделирования.

На основе анализа геолого-геофизических данных и физического моделирования рассмотрены особенности структурообразования на сопряженных окраинах Иберии и Ньюфаундленда. Данные окраины представляют собой эталон пассивных окраин, сформированных при гиперрастяжении континентальной коры, с характерным асимметричным ее расколом по крупному разлому-детачменту и обедненным магмоснабжением [4]. К тому же, эти невулканические окраины почти полностью лишены синрифтовых магматических образований, и характеризуются развитием эксгумации серпентинитов вдоль границы с океаном, а в пределах самой окраины утонением континентальной коры и значительной тектонической расчлененностью [2]. Для гиперрастянутых окраин характерно развитие в условиях длительного рифтогенного растяжения континентальной коры, переходящего в ультрамедленный и затем медленный спрединг.

Выделяют четыре основных стадии развития окраин этого типа [5]. Стадия растяжения континентальной коры с формированием проксимальной области, характеризующейся формированием системы горстов и грабенов и небольших разломов-детачментов. Вторая стадия характеризуется утонением континентальной коры, подъемом границы Мохо и формированием крупных разломов–детачментов, закладывающих асимметричное развитие сопряженных окраин. Третья стадия ассоциируется с дистальной областью, характеризующейся сильным утонением континентальной коры и выведением на поверхность эксгумированной мантии, сложенной серпентинизированными перидотитами. И, наконец, четвертая стадия, связанная с внешней областью континентальной окраины, характеризуется аккрецией океанической коры при ультрамедленном спрединге с сильно расчлененным рельефом. В дальнейшем скорость спрединга может увеличиваться до медленных и средних величин, при этом будет меняться морфоструктурный план новообразованной океанической коры и изрезанность рельефа.

Особенностью строения континентальных окраин Иберии и Ньюфаундленда является наличие погруженных плато Галиции и Флэмиш Кэп, соответственно. Эти погруженные плато осложняют строение континентальных окраин, условия их образования вызывают немало вопросов.

Экспериментальные исследования ранних стадий развития сопряженных континентальных окраин Иберии и Ньюфаундленда проводились с помощью физического моделирования.

Экспериментальные исследования осуществлялись в лаборатории экспериментальной геодинамики Музея Землеведения МГУ. Эксперименты проводились в соответствии с условиями подобия и методиками, описанными в работах [1,3]. Модельное вещество представляет собой сложную коллоидную систему, основой которой являются жидкие (минеральное масло) и твердые (церезин, парафин) углеводороды с различными поверхностно- активными добавками.

Первая и вторая стадии растяжения и амагматического утонения в экспериментах создавалась искусственным утонением модельной континентальной литосферы. Третья стадия развития окраины, сопровождаемая эксгумацией серпентинизированной мантии, в эксперименте воссоздавалась процессом очень медленного растяжения и ультрамедленного спрединга, при котором формировался сильно расчлененный рельеф в виде крупных деформированных валов по одной или обеим сторонам окраин. На этом этапе нередко отмечалась геометрическая нестабильность рифтовой оси, сопровождаемая ее неоднократными перескоками, приводящими как к симметричной, так и асимметричной аккреции, что отражалось, соответственно, в симметричном или асимметричном строении окраины.

Четвертая стадия (формирование коры в условиях перехода от режима ультрамедленного спрединга к медленному) в эксперименте соответствовал увеличению скорости растяжения. Образованная кора характеризовалась расчлененной поверхностью, с менее контрастным рельефом. При этом асимметричная аккреция могла сохраняться. Эксперименты также показали, что формирование погруженных плато, в пределах континентальных окраин таких как банки Галиция и Флэмиш Кэп возможно при продвижении двух рифтовых трещин навстречу друг другу, которые ограничивают микроконтинентальный блок с обеих сторон.

Таким образом, физическое моделирование формирования разных типов рельефа при переходе от континентального рифтинга к океаническому спредингу при изменяющихся скоростях растяжения позволило выявить разный характер структурообразования на каждом этапе развития сопряженных переходных зон Иберии и Ньюфаундленда. Сравнение результатов моделирования с рельефом фундамента, полученным по сейсмическим данным и фазами развития сопряженных переходных зон Иберии и Ньюфаундленда дают хорошее соответствие.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 18-05-00378).

Литература

1. *Грохольский А.Л., Дубинин Е.П. Аналоговое моделирование структурообразующих деформаций литосферы в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов // Геотектоника. 2006. Т.1 С.76–94.*
2. *Меланхолина Е. Н., Сущевская Н. М. Особенности развития магматизма при формировании пассивных окраин северной Атлантики // Геотектоника, 2013, № 2, с. 12–31.*
3. *Шеменда А.И. Критерии подобия при механическом моделировании тектонических процессов // Геология и геофизика. 1983. Т.10 С.10–19.*
4. *Haupert I., Manatschal G., Decarlis A., Unternehr P. Upper-plate magma-poor rifted margins: stratigraphic architecture and structural evolution // Marine and petroleum geology, 2015. doi: 10.1016/j.marpetgeo.2015.10.020.*
5. *Perron-Penvidic G., Manatschal G., Osmundsen P. Structural comparison of archetypal Atlantic rifted margins: A review of observations and concepts // Marine and petroleum geology, 2013. doi: 10.1016/j.marpetgeo.2013.02.002.*

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ НА ФАЗОВЫЕ ОТНОШЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКАНДИЯ, ИТТРИЯ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ГРАНИТНОЙ СИСТЕМЕ (SI-AL-NA-K-LI-F-O-H)

Русак А.А. [1,2], **Щекина Т.И.** [1], **Алферьева Я.О.** [1], **Граменицкий Е.Н.** [1], **Котельников А.Р.** [3], **Бычков А.Ю.** [1,2], **Зиновьева Н.Г.** [1]

[1] Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
[2] Институт геохимии и аналитической химии РАН имени В.И. Вернадского
[3] Институт экспериментальной минералогии имени акад. Д.С. Коржинского РАН
aleks7975@yandex.ru

Экспериментально получены данные по распределению редкоземельных элементов (РЗЭ), скандия, иттрия и лития между алюмосиликатным и солевым щелочноалюмофторидным расплавами при температуре от 1250 °С до 500 °С, давлении 1 и 2 кбар и содержании воды от 2 до 50 мас. %.

Составы твердой шихты для опытов задавались, исходя из состава алюмосиликатного расплава с определенными соотношениями Si, Al, Na+K+Li и фторидной солевой фазы (криолита) в количестве, достаточном для насыщения ею алюмосиликатного расплава. Исходный состав силикатного расплава отвечал гранитной эвтектике системы кварц-альбит-ортоклаз при 690 °С, 1 кбар H2O, 1 мас. % F [1]. Содержание Li в системе составляло 1,5 мас. %.

Эксперименты проводились на установке высокого газового давления (УГВД) в институте экспериментальной минералогии РАН в Черноголовке. Продукты экспериментов исследовались на сканирующем электронном микроскопе Jeol JSM-6480LV (Япония) с энерго-дисперсионным INCA Energy-350 и кристалл-дифракционным INCA Wave-500 (Oxford Instrument Ltd., Великобритания) спектрометром в лаборатории локальных методов исследований вещества МГУ. Главные породообразующие и редкоземельные элементы, скандий, иттрий, фтор, литий исследовались на ICP MC в лаборатории кафедры геохимии МГУ.

Исходя из полученных данных, видно, что поведение редкоземельных элементов в гранитной системе Si-Al-Na-K-Li-F-O-H зависит от температуры, давления и содержания водного флюида.

Показано, что в гранитной системе Si-Al-Na-K-Li-F-O-H при 800 °С и 1 и 2 кбар осуществляется равновесие алюмосиликатного и щелочноалюмофторидного солевого расплавов. РЗЭ, Y, Sc и Li распределяются в пользу солевого расплава.

При понижении температуры от 800 до 500 °С изменяется фазовый состав системы: при 700 °С и P = 1 и 2 кбар происходит частичная кристаллизация солевого расплава с образованием крупных кристаллов алюмофторидов. Остаточный солевой расплав, обогащенный редкоземельными элементами и литием, и алюмосиликатный расплав сохраняются в системе вплоть до 500°С.

При T = 600-500 °C и P = 1 кбар из алюмосиликатного расплава (L) кристаллизуется кварц и калиевый фторсодержащий алюмосиликат (предположительно, лепидолит). Фазовый состав системы становится следующим: L+LF+Crl+Qtz+KAlSil.

Независимо от заданных условий эксперимента все редкоземельные элементы, скандий, иттрий и литий с большими коэффициентами разделения (в несколько раз) распределяются в солевой алюмофторидный расплав.

Экспериментальные данные подтверждают предположения образования криолитсодержащих гранитов на поздних стадиях формирования крупных гранитных массивов в результате отделения от магмы солевых расплавов, богатых редкими элементами.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №16-05-0089)

Литература

1. *Manning D. The effect of Fluorine on liquidus phase relationships in the system Qz-Ab-Or with excess water at 1 kb. Contrib. Mineral. Petr. V. 76., 1981, pp. 206-215*

ИССЛЕДОВАНИЕ КАРСТОВЫХ И СУФФОЗИОННЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ОСНОВЕ ВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ МАГНИТОВАРИАЦИОННОГО ПАРАМЕТРА

Рябова С.А.

Институт динамики геосфер РАН
ryabovasa@mail.ru

Карстовые и суффозионные явления, проявляющиеся в виде формирования карстовых воронок, котловин, колодцев, подземных пещер и гротов, связаны с растворением скальных (карбонатных, гипсоносных, соленосных) пород и вымыванием рыхлых пород подземными водами. Благоприятствуют развитию карстов тектоническая трещиноватость пород и ее увеличение вследствие природно-техногенных причин, интенсивное движение подземных вод и изменение гидрогеологического режима. Поскольку карсты характеризуются повышенным количеством воды, то электропроводность в этих местах отличается по сравнению с электропроводностью окружающей среды. Вычисленный по данным геомагнитного мониторинга магнитовариационный параметр (магнитный типпер) позволяет определить распределение электропроводности литосферы, а также выявить ее временные вариации, что дает возможность выделить регионы с карстровыми процессами, оценить мощности карстующихся пород и глубины залегания базиса коррозии, т.е. поверхности скальных пород, ниже которой закарстованности нет, а также оценить динамику карстово-суффозионных процессов. В настоящей работе исследуются синхронные вариации магнитного типпера и уровня подземных вод на Геофизической обсерватории «Михнево» Института динамики геосфер Российской академии наук. Особенностью района исследований является наличие многослойной системы разобщенных водоносных горизонтов. Используются данные мониторинга уровня каширского водоносного горизонта, подземные воды которого в пределах района исследований имеют безнапорный характер. Регистрация геомагнитных вариаций на обсерватории выполнялась в геомагнитном павильоне с помощью трехкомпонентного феррозондового магнитометра LEMI-018. Уровень подземных вод Каширского безнапорного горизонта, расположенного на глубине 56,6 м, определялся в открытой скважине глубиной 31,5 м с помощью погружного зонда LMR 308i. На основе корреляционно-регрессионного анализа установлена статистически значимая корреляционная зависимость между магнитудой магнитного типпера и уровнем подземных вод безнапорного горизонта, а также построена линейная регрессионная модель.

ИЗУЧЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ НЕФТЕНАСЫЩЕННЫХ ПЛАСТОВ МЕТОДАМИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН

Салимгареева Э.М. [1] , **Емченко О.В.** [1] , **Федоров В.Н.** [2] , **Муллагалин И.З.** [1]

[1] *ООО "Уфимский НТЦ"*

[2] *Уфимский государственный нефтяной технический университет*

salimgareevaem@ufntc.ru

В настоящей работе рассматривается роль гидродинамических исследований скважин (ГДИ) для задачи изучения естественной трещиноватости пласта в условиях невозможности ее изучения на керне по причине невозможности выноса последнего в интервалах мезо- и макротрещиноватости и слабой разрешающей способности сейсмических методов.

В работе на примере одного из карбонатных месторождений с развитой трещиноватостью [1] показано применение исследований скважин пластовым испытателем (ИПТ), проводимых, как правило, для подтверждения характера насыщения, и позволивших для исследуемого пласта определить модель пластовой фильтрационной системы – двойная пористость (запасы содержатся и в матрице, и в трещинах), что позволило снять опасения насчет ограниченности запасов нефти (содержания их только в трещинах) [2]. Этот подход является примером исследований, не требующих больших затрат по сравнению с исследованиями на нестационарных режимах в колонне, требующих отсечения трубного и затрубного пространства для диагностирования быстропротекающих процессов массообмена между матрицей и трещиной, поскольку при исследовании ИПТ, согласно его технологии, производится отсечение затрубного пространства, что ведет к минимизации искажающего влияния ствола скважины.

На примере скважины №1, вскрывшей карбонатные отложения одного из месторождений, показано применение классических ГДИ на нестационарных режимах в колонне (регистрация длительной кривой восстановления давления в течение 8-ми месяцев) для обнаружения особенностей строения коллектора, не выявляемых по анализу кернового материала, а также оценки запасов, дренируемых скважиной. Регистрация кривой восстановления давления такой длительности не может быть реализована на практике из-за существенных недоборов нефти, однако метод совместного анализа данных давления и добычи, не связанный с потерями нефти, хотя в настоящее время и не обладает хорошей диагностической способностью из-за несоответствии дискретности измерений забойного давления и дебита скважины [3], тем не менее позволяет оценить дренируемые запасы с приемлемой для практических задач точностью.

Неравномерность развития естественной трещиноватости [4,5], связанная с особенностями ее происхождения (например, приуроченность к разломам), приводит к различной выработке запасов и должна определять стратегию разработки месторождения – так, в хорошо связанных системах трещин происходит быстрый прорыв воды, и нежелательное резкое обводнение скважин. Таким образом, выявление гидродинамически связанных по латерали зон является важной задачей, одно из решений которой может быть

выполнено по анализу динамики показателей нормальной эксплуатации скважин – на примере мест. им. Р. Требса выявлены участки хорошо связанных зон с развитой трещиноватостью, а также слабо связанные зоны с плохо развитой трещиноватостью.

Таким образом, в работе на примере решения реальных задач показана практическая значимость результатов исследований, выполняемых по стандартным технологиям ГДИ таким как, исследования на нестационарных режимах и данные о периодических замерах пластового давления в скважине, выполняемых недропользователем согласно РД-153-39.0-109-01 [6] и не требующих больших затрат, для задачи изучения естественной трещиноватости, начиная от масштаба в несколько метров в окрестности скважины, заканчивая расстояниями в несколько километров.

Литература

1. *Федоров В.Н., Салимгареева Э.М., Акберова А.Ш. Определение типа пластовой фильтрационной системы месторождения им. Р. Требса методами гидродинамических исследований скважин // "Нефтяное хозяйство". 2016. №5. С. 60-63.*
2. *Nelson R. Geologic analysis of naturally fractured reservoirs / Elsevier Inc. 2001. 352 p.*
3. *Федоров В.Н., Фатихов С.З. Контроль разработки нефтяных месторождений Республики Башкортостан системами ТМС // “Инженерная практика”. 2016. №10.*
4. *Narr W., Schechter D.S., Thompson L.B. Naturally Fractured Reservoir Characterization / Society of Petroleum Engineers. 2006. 115 p.*
5. *Morton K. L., Nogueira P., Booth R., Kuchuk F. J. Integrated Interpretation for Pressure Transient Tests in Discretely Fractured Reservoirs / SPE 154531. 2012.*
6. *Комплексирование и этапность выполнения геофизических, гидродинамических и геохимических исследований нефтяных и нефтегазовых месторождений: РД 153-39.0-109-01 / отв. ред. Шагиев Р.Г. М., 2002. 76 с.*

ПЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СИЕНИТИЗАЦИИ ТОНАЛИТОВЫХ ГНЕЙСОВ НА ПРИМЕРЕ МАССИВА МАДИАПАЛА, КОМПЛЕКС ЛИМПОПО, ЮАР

Сафонов О.Г. [1], **Селютина Н.Е.** [2]

[1] *Институт экспериментальной минералогии имени акад. Д.С. Коржинского РАН*
[2] *Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова*
nata-me98@mail.ru

Целью данной работы является петрологическое, термодинамическое и экспериментальное исследование процесса сиенитизации тоналитовых-трондьемит-гранодиоритовых (ТТГ) гнейсов на примере массива Мадиапала, расположенного в гранулитовом комплексе Лимпопо, ЮАР. Исследование направлено на обоснование модели образования сиенитов при взаимодействии ТТГ гнейсов с водно-углекисло-солевыми флюидами. Для этого были поставлены следующие задачи: (1) оценить P-T условия формирования сиенитов данного массива, (2) определить особенности флюидного режима, (3) провести термодинамическое моделирование ассоциаций этих пород посредством метода псевдосечений, (4) воспроизвести эти ассоциации в эксперименте по взаимодействию ТТГ гнейсов с флюидами H_2O-CO_2-(K, Na)Cl.

Массив сиенитов Мадиапала в Центральной Зоне (ЦЗ) неоархейского-палеопротерозойского комплекса Лимпопо, ЮАР, представляет собой небольшое тело среди ТТГ гнейсов Олдейз. Возраст сиенитов около 2.01 млрд. лет соответствует наиболее позднему этапу тектоно-термальной эволюции ЦЗ (Rigby, 2011). Ранней ассоциацией в сиенитах является ассоциация калиевый полевой шпат + клинопироксен + титанит ± апатит, более поздняя ассоциация – амфибол + альбит. Для того, чтобы оценить условия образования первичной ассоциации с помощью программного комплекса PERPLE_X (версия 6.7.7 для Windows) (Connolly, 2005) для валовых химических составов сиенитов были рассчитаны диаграммы в координатах P-T, а также изоплеты магнезиальности и содержания Na в клинопироксене в ассоциации с щелочным полевым шпатом и сфеном. Условия образования первичной магматической сиенитовой ассоциации соответствуют температурному интервалу 930 - 960ºC и давлениям 5.6 - 7.4 кбар. Оценки влияния активности K2O на гнейсы Олдейз посредством расчета диаграмм (псевдосечений) в координатах lg(aH_2O) - lg(aK_2O) показали, что преобразование ассоциации гнейса в сиенитовую ассоциацию возможно при постоянных P и T за счет увеличения активности K_2O.

С целью воспроизвести минеральную ассоциацию сиенитов массива Мадиапала, а также исследования влияния флюида H_2O-CO_2-(K, Na)Cl на тоналитовые гнейсы были проведены эксперименты длительностью 10 суток на установке высокого газового давления с внешним нагревом в ИЭМ РАН (г. Черноголовка) при температуре 850ºC и давлении 6 кбар. В результате экспериментов удалось воспроизвести ассоциацию клинопироксен + титанит в ходе реакций титансодержащего биотита с кварцем и плагиоклазом, инициированных указанным флюидом. При температуре эксперимента эта ассоциация сосуществует с расплавом сиенитового состава, относительно обогащенного F,

Cl, H_2O, что подтверждено исследованиями закаленных стекол с помощью КР-спектроскопии. Это согласуется с предлагаемой моделью формирования массива.

Геохимические данные (масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой и атомно-эмиссионный метод) для сиенитов, сиенитизированных гнейсов и вмещающих ТТГ гнейсов указывают на коровую природу сиенитов и на тесную генетическую связь между вмещающими гнейсами Олдейз и сиенитами. Спектры РЗЭ для сиенитов продемонстрировали активную кристаллизационную дифференциацию внутри массива.

Таким образом, показано, что формирование сиенитов массива Мадиапала происходило при давлениях 6 – 7 кбар и температурах более 900°С в ходе проработки тоналитовых гнейсов Олдейз водно-углекислым флюидом, в котором ведущую роль играл солевой компонент, богатый калием. Так что определяющим фактором образования сиенитовой ассоциации являлось возрастание активности калия во флюиде. Породы массива являются продуктом процесса сиенитизации тоналитовых гнейсов, по своей сути схожим с гранитизацией. Образование более поздних амфиболсодержащих ассоциаций происходило на фоне остывания сиенитовой магмы. Этой стадии соответствовала смена режима щелочных компонентов во флюиде, так что рост активности Na_2O приводил к замещению ассоциации клинопироксена с калиевым полевым шпатом ассоциацией амфибола и альбита.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ №16-05-00266

Литература

1. *Connolly J. A. D. Computation of phase equilibria by linear programming: a tool for geodynamic modeling and its application to subduction zone decarbonation. Earth and Planetary Science Letters. 2005. Т. 236. №. 1-2. – С. 524-541.*
2. *Rigby M. J., Armstrong R. A. SHRIMP dating of titanite from metasyenites in the Central Zone of the Limpopo Belt, South Africa //Journal of African Earth Sciences. – 2011. – Т. 59. – №. 1. – С. 149-154.*

ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТРАЖЕННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН В УСЛОВИЯХ НАРУШЕННОСТИ СПЛОШНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

Семерикова И.И. [1,2]

[1] *Горный институт УрО РАН*
[2] *Пермский государственный национальный исследовательский университет*
irina.semerikova@gmail.com

Для сейсморазведки в определении и оценке разрешающей способности ясного понимания и формулирования с единых позиций на практике не существует [1, 2]. На сейсмических разрезах изображается интегральная волновая картина, формирующаяся при распространении сейсмических волн в геологической среде, и взаимное расположение пластов горных пород - лишь один из многих факторов, определяющих эту картину. В процессе регистрации, анализа и обработки сейсмических данных подавляются множество сигналов, не связанные с реальными отражениями от границ пластов. При этом нужно помнить, что каждое отражение является результатом сложной интерференции нескольких (иногда нескольких десятков) простых сигналов. Такие физические явления как «рассеяние» и «дифракция» зависят от соотношения размеров частицы и длины волны, которая падает на частицу. В случае, когда частица намного меньше длины волны, рассеяние является частным случаем рэлеевского рассеяния. Интенсивность рассеяния зависит от частоты в четвертой степени, что приводит к сильному рассеянию коротких волн. В случае близости размеров частицы к длине волны диаграмма направленности рассеяния становится сложной. Проявляется интерференция волн, отражённых от различных участков поверхности частицы. Интенсивность рассеянного под определенным углом света зависит от того, сколько раз волна укладывается на диаметре частицы, поэтому она сильно зависит от размеров частицы. В этом случае явление рассматривают с точки зрения «задачи (теории) Густова Ми» - рассеяние Ми. Если размеры сферы намного больше длины волны, то поверхность сферы будет вести себя как плоская поверхность. Происходит преломление и отражение волн, которые описываются формулами Френеля.

В данной работе подход для спектрального анализа временных разрезов заключался в расчете и анализе дифференциальных и интегральных амплитудно-частотных спектров. В качестве дифференциальных характеристик сейсмической записи рассчитаны потрассные спектры в узком временном окне, скользящем вдоль каждой трассы. Для изучения поведения интегральных характеристик рассчитаны суммарные спектры, суть которых - в расчете частотного спектра в широком временном окне, охватывающем крупный глубинный интервал пород, и совокупности сейсмотрасс на протяженном, широком латеральном участке.

Исследования выполнены по сети профилей на территории Верхнекамского месторождения калийных солей. В результате анализа рассчитанных как интегральных, так и дифференциальных спектральных характеристик на всех профилях уверенно выявляется доминантная частота, в полосе 75-80 ГЦ, имеющая наибольший энергетический вклад в

спектре сейсмической записи. Поведение доминантной частоты сейсмического сигнала примем за нормальное поле.

Анализ аномального поведения спектральных составляющих показал следующее. На данном этапе осмысления результатов экспериментальных наблюдений, не вдаваясь в теоретические гипотезы о рассеянии и дифракции, следует отметить ряд особенностей.

Оказалось, что высокочастотная аномалия пространственно приурочена к зоне развития мелких разноориентированных трещин, выявленной нами предыдущими исследованиями [5]. Увеличение же частотной координаты центроида в более ранних исследованиях нами установлено как поисковый признак трещиноватых зон такого класса [3, 4].

В пределах участка аномалии пониженной интенсивности доминантной частоты развиты низкоскоростная зона в надсоляных породах и высокоскоростная «зона замещения карналлитовых и сильвинитовых солей каменной солью».

На другом профиле локальная аномалия потери энергии отмечается для гармоники с частотой 100 Гц. При совмещении с ситуационным планом шахтного поля в 300 м от профиля выполнена вертикальная горная выработка - «клетевой ствол». «Ствол» является сложнейшим горно-техническим объектом, изменяющим естественное поле напряжений и определяющим техногенную составляющую напряженно-деформированного состояния. Этот объект можно представить как локальную дизъюнктивную неоднородность в геологическом разрезе. Тогда стенка ствола является самой акустически контрастной границей в массиве горных пород, ее можно аппроксимировать «свободной поверхностью», а сам объект «ствол» представить как разрывное нарушение малых латеральных размеров. Диаметр ствола составляет 8 м в свету. Тогда, диаметр выработки меньше диаметра первой зоны Френеля на разных глубинах в 17-22 раза, в то время как горизонтальная разрешенность сейсмической записи определяется как 1/6 диаметра первой зоны Френеля. Вертикальная разрешенность сейсморазведки составляет ¼ длины волны, а в нашем случае диаметр ствола меньше длины волны в 5-6 раз.

Именно потому, что размеры данной неоднородности меньше горизонтальной и вертикальной разрешенности, мы не наблюдаем отклик от этого объекта на сейсмическом временном разрезе. Дополнительным доказательством может явиться то обстоятельство, что данная частотная аномалия в интервале ниже глубины ствола не наблюдается.

Поэтому выявление неоднородности подобного класса в спектральных параметрах является важным поисковым признаком.

Исследования спектральных характеристик отраженных сейсмических волн позволяют глубже понимать «механизмы» волновых процессов в трещиноватом массиве, совершенствовать модельные представления об этих процессах и получить новые модельные представления о системе трещиноватого породного массива.

Литература

1. *Кондратьев О.К. Разрешающая способность сейсморазведки МОВ-ОГТ. //Геофизика. 2006, №2. С. 3-12.*
2. *Спасский Б.А. . [2007] Сейсмостратиграфия: учеб.-метод. пособие по спец. 011200 «Геофизика» / Б.А.Спасский, И.Ю.Герасимова; Перм. ун-т. – Пермь, 2007. - 267 с.*
3. *Semerikova I. I. [2012] Technique for Recognizing of Fractured Zones Based on the Analysis of Amplitude and Frequency Attributes of the P-P Reflections. /74th EAGE Conference & Exhibition incorporating SPE EUROPEC 2012, Copenhagen, Denmark, номер W044*
4. *Irina Semerikova. [2017] Studying of wave processes in a rock mass by technique for recognizing fractured zones in fields of seismic waves. . / Geomodel 2017 - 19th Science and Applied Research Conference on Oil and Gas Geological Exploration and Development. ISBN: 978-94-6282-226-9, ISSN: 2214-4609 DOI: 10.3997/2214-4609.201702274*
5. *Semerikova. [2018] The study of wave processes in an array of fractured rocks from the spectral characteristics of seismic waves. / Geomodel 2018 - 20th Science and Applied Research Conference on Oil and Gas Geological Exploration and Development (SCOPUS) DOI: 10.3997/2214-4609.201802446*

КОРРЕЛЯЦИЯ ПРОЯВЛЕНИЙ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И НЕОТЕКТОНИКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО И МОРФОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗОВ

Симонов Д.А., Брянцева Г.В.

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
bryan.bryan@yandex.ru

На Керченском полуострове широко развиты современные гравитационные процессы. Этому способствует геологическое строение, широкое развитие легко размываемых терригенных пород, преимущественно глинистого и песчаного состава, а также обрывистые берега. Нацхиболее опасными из них являются оползни, которые чаще всего имеют абразионное происхождение. Они несут определенную опасность для населенных пунктов, расположенных на побережье. В настоящий момент многие оползни находятся в стабилизированном состоянии, но возможность образования новых обрушений весьма велика. В данной работе сделана попытка определить наиболее опасные районы с помощью структурно-геоморфологического и морфометрического анализа рельефа.

Структурно-геоморфологический и морфометрический методы позволяют рассматривать только те деформации, которые в настоящее время выражены в рельефе, т.е. сформированные в плиоцен-четвертичное время. Анализ рельефа полуострова проводился с использованием цифровой модели SRTM в масштабе 1:200000. Выделение структур, сформированных в неотектонический этап развития, было проведено по методике, разработанной Н.П. Костенко (1999). Данный метод предполагает выявление новейших деформаций и их суммарные поднятия за конэрозионный этап развития, а также разломов и зон трещиноватости. Согласно структурно-геоморфологической схеме (Захаров и др., 2019) наиболее крупное поднятие располагается в центральной части полуострова и протягивается с юго-запада на северо-восток. Его простирание не совпадает с более древними структурами, для которых больше характерно субширотная ориентировка.

Структурно-геоморфологическая схема отражает амплитуду и направленность тектонических движений за весь неотектонический этап, и выделить движения, относящиеся к различным стадиям формирования структур, затруднительно. Поэтому для изучения эволюции новейших вертикальных тектонических движений был применен структурно-морфометрический анализ рельефа, разработанный В.П. Философовым (1975), позволивший в пределах новейших структур, выявленных при структурно-геоморфологическом дешифрировании определить области, наиболее интенсивно развивающиеся в настоящее время.

В пределах Керченского полуострова эрозионная сеть представлена, главным образом, пересыхающими водотоками, поэтому для морфометрического анализа предполагаемая гидросеть была построена по цифровой модели рельефа SRTM с использованием алгоритмов выявления направления стока в элементарных ячейках согласно модели восьминаправленного стока (Jenson, Domingue, 1988), а затем проведено подразделение водотоков на порядки. Всего, при заданных параметрах, в пределах Керченского полуострова было выделено пять порядков водотоков. Причем, считается, что

водотоки высших порядков развиваются более длительное время, а водотоки низших порядков отражают движения за меньший промежуток времени, и являются более молодыми, чем водотоки высших порядков. На этом основании по алгоритму для ГИС ArcMap был построен набор монобазисных и разностных поверхностей (Философов, 1975) для водотоков всех пяти выделяемых порядков, а также остаточный рельеф, что позволило проследить эволюцию роста новейших структур (Симонов, Брянцева, 2018).

Развитие рельефа началось с образования поднятия в центральной части полуострова, примерные границы которого можно проследить по развитию отложений куяльницкого яруса, распространенных по его периферии. Оно постепенно приобретает вытянутую форму восток-северо-восточного простирания, примерно соответствующую простиранию новейших структур, выявленных структурно-геоморфологическим методом. Наиболее интенсивное вздымание в это время характерно для центральной и восточной частей полуострова. С началом формирования водотоков третьего порядка интенсивный рост поднятия характерен для восточной и северо-восточной частей полуострова, в то время, как в западной и центральной частях интенсивность воздымания падает, а затем и вовсе прекращается.

На основании анализа базисной поверхности первого порядка установлено, что северное и северо-восточное побережье Керченского полуострова в настоящее время испытывает воздымание, а именно в этих районах наблюдается наиболее активная денудация береговой зоны. Наибольшие отрицательные значения разностной поверхности отмечаются в районе Каменского поднятия, на мысе Казантип, в восточной части Казантипского залива, на северо-восточной оконечности полуострова, южнее мыса Фонарь, в районе Керчи, вдоль берегов Тобечикского озера, южнее мыса Такиль.

Таким образом, показано, что тектонические процессы, оказывающие наибольшее влияние на развитие опасных гравитационных процессов отражаются в рельефе, сформировавшемся на стадии формирования долин водотоков первого порядка и позднее. Результаты структурно-геоморфологического и морфометрического анализа коррелируют с полевыми наблюдениями проведенными экспедицией Ростовского университета в береговой зоне Керченского полуострова. Ими выявлены участки развития абразионно-оползневых процессов между Сивашским и Казантипским заливами, где скорость абразии достигает 0,3–0,4 , а иногда и до 0,5–2 м в год (Отчет.., 2015). Такой же абразионный рельеф характерен и для береговой зоны п-ва Казатип, где на крутых и обрывистых склонах, образуются многочисленные оползни, особенно на северной стороне острова. На северо-востоке полуострова в районе мыса Зюк и в бухте Рифов в результате активной абразии формируются оползневые тела и блоки отседания. Оползневые склоны характерны и для побережья южнее мыса Фонарь. На востоке полуострова в районе оз. Тобечикское для абразионных участков характерны оползни, возникновение которых связано с литологией береговых уступов, сложенных глинами и известняками. На побережье от мыса Малый Маяк до мыса Такиль значительное развитие получили экзогенные гравитационные процессы на береговых уступах, сложенных глинами (Отчет…, 2015).

Все эти данные хорошо согласуются с выявленным в результате морфометрического анализа тектоническим воздаманием на этапе формирования остаточного рельефа,

и позволили определить участки возможного развития абразионно-оползневых процессов в пределах Керченского полуострова.

Литература

1. *Захаров В.С., Симонов Д.А., Брянцева Г.В., Косевич Н.И. Характеристики самоподобия системы водотоков Керченского полуострова и их сопоставление с результатами структурно-геоморфологического анализа//Геофизические процессы и биосфера. 2019. Т.18, №1. С.50-60*
2. *Костенко Н.П. Геоморфология. М.: МГУ. 384 с. Отчет по экспедиции в береговой зоне в районе Азовского моря в районе интенсивной абразии (21-29 мая 2015 г.) / Научн. рук. Матишов Д.Г., нач. экспедиции А.Е. Цыганкова и др. Ростов-на-Дону. 2015. 47 с.*
3. *Симонов Д.А., Брянцева Г.В. Морфоструктурный анализ при неотектонических реконструкциях Керченского полуострова// Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2018. Т.93, вып.3. С.12-25*
4. *Философов В.П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. //Саратов: Изд–во Саратовского ун–та, 1975. 232 с.*
5. *Jenson S.K., Domingue J.O. Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 1988. Vol. 54, No. 11. P. 1593–1600.*

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕТРОМАГНИТНОГО АНАЛИЗА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ВТОРИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКИХ МАГМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ КАРЕЛЬСКОГО КРАТОНА

Тарасов Н.А., Лубнина Н.В.

Геологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова
tarasovnik12@gmail.com

Обилие тектономагматических процессов в геологической истории архейских и палеопротерозойских комплексов определяет важность более детального изучения происходивших в них вторичных процессов, связанных в том числе и с трещиноватостью горных пород. Палеомагнитный метод в комплексе с другими методами позволяет дать оценку распределению вторичных процессов на обширной территории и оценить время минеральных преобразований. В случае перекристаллизации или новообразования ферромагнитной фракции при температурах ниже точки Кюри происходит фиксация магнитного поля минералами-носителями намагниченности, возникает химическая намагниченность. При вторичном прогреве без минеральных преобразований создаётся термовязкая намагниченность с соответствующей блокирующей температурой.

Было детально изучено перемагничивание раннепалеопротерозойских магматических комплексов Карельского кратона. Для определения вариантов перемагничивания различных частей Карельского кратона исследования были проведены на территории трёх блоков: на севере Пяозерского, в центре - Вокнаволокского и на юге - Тулосского.

Микрозондовые исследования указывают на незначительные вторичные изменения в дайках. В основном они проявлены очень локально: в виде амфиболизации вдоль тонких трещин. В случае замещения первичных пироксенов вторичным амфиболом происходит и перекристаллизация первичного Ti-Mgt с формированием ильменита и магнетита.

В результате палеомагнитного анализа было выделено три основные компоненты намагниченности, характеризующие разновозрастные процессы перемагничивания. Было определено две компоненты химической природы и одна - термовязкой. Установлены близкие по составу минералы носители намагниченности со схожим размером магнитных частиц для пород, несущих различную намагниченность. Для большинства пород ими являются низкотитанистые титаномагнетиты с однодоменным и псевдооднодоменным размером частиц. При этом степень фиксации вторичных процессов зависит от химического состава даек.

Время вторичных преобразований определено по близости полюсов для полученных компонент с наиболее надёжными полюсами Карельского кратона и траекторией кажущейся миграции полюса для Восточно-Европейской платформы. Химическое перемагничивание пород северной части Карельского кратона происходило в районе 2.4 млрд лет, что связывается с миграцией флюидов при образовании крупной магматической провинции в это время [4]. Термовязкое перемагничивание пород происходило в период свекофеннского орогенеза. При этом наблюдается закономерное омоложение возраста приобретения породами термовязкой намагниченности с С-В на Ю-З, от 1.86 до 1.70 млрд

лет. Последнее химическое перемагничивание происходило в период 280-230 млн лет. В работе [3] сходное перемагничивание даек Финляндии связывают с интенсивным пермо-триасовым магматизмом в грабене Осло на юге Норвегии.

Полученный возраст последнего химического перемагничивания согласуются с данными трекового датирования по апатиту пород восточной [2] и северо-восточной [1] частей Восточно-Европейского кратона.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №17-05-01270.

Литература

1. *Веселовский Р.В. Палеомагнетизм крупных магматических провинций Северной Евразии: геодинамические следствия: диссертация доктора геолого-минералогических наук. Московский государственный университет, Москва, 2016.*
2. *Hendriks B. et al. Fission track data compilation for Fennoscandia // Norsk Geologisk Tidsskrift. 2007. 87(1):143-155.*
3. *Mertanen S. et al. Paleomagnetic evidence for Mesoproterozoic-Paleozoic reactivation of the Paleoproterozoic crust in Southern Finland // Special Paper - Geological Survey of Finland. 2008. 47. 215–252.*
4. *Stepanova A.V. et al. The 2405 Ma Doleritic Dykes in the Karelian Craton: A Fragment of a Paleoproterozoic Large Igneous Province // Doklady Earth Sciences. 2017. 472. 72-77.*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФТОРИДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЦИРКОНИЯ И ГАФНИЯ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРАХ

Тарнопольская М.Е. [1], Бычков А.Ю. [1,2]

[1] Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
[2] Институт геохимии и аналитической химии РАН имени В.И. Вернадского
mashatarnopolskaya@yandex.ru

Устойчивость фторидных комплексов циркония и гафния при повышенных температурах исследована недостаточно. При повышенных температурах исследована растворимость бадделеита в растворах HF и определены константы устойчивости комплексов $Zr(OH)_3F$ и $Zr(OH)_2F_2$ в работах Рыженко с соавторами [1], и [2]. В работах [3, 4] имеются данные по устойчивости комплексов вида ZrF_n^{4-n}, где n=1-6 при 25°C. В работах [5] определены константы равновесия для комплексов вида HfFn, при n=1– 6.

Экспериментальное исследование форм переноса циркония изучалось в системе $ZrOCl_2$-HCl-HF-CaF_2 при 90, 155, 210 и 255°C (давление насыщенного пара воды). Изучение проводилось на основе измерения растворимости флюорита в кислых растворах с добавлением различного количества циркония. Для опытов был использован флюорит Калангуйского месторождения. Из монокристалла были изготовлены цилиндры диаметром 8 мм и высотой 5 мм и массой около 0.7 г. Перед использованием цилиндры флюорита взвешивались на аналитических весах Mettler Toledo AG204 DeltaRange. Эксперименты проводились в стальных обоймах с фторопластовыми вкладышами. Цилиндры флюорита закреплялись на крышке вкладыша с помощью снежинки из тефлоновой ленты. Пеналы помещались в предварительно нагретый сушильный шкаф СНОЛ крышкой вниз, чтобы кристалл находился в контакте с раствором. Продолжительность опыта была определена по результатам кинетической серии и составляла для разных температур от 4 до 10 суток. После выдерживания при постоянной температуре обоймы закаливались в холодной воде, предварительно перевернутые крышкой вверх. При этом контакт флюорита с раствором прерывался, чтобы избежать растворения или отложения вещества. После охлаждения пеналы раскрывались, цилиндры флюорита извлекались, промывались дистиллированной водой, высушивались до постоянной массы над силикагелем и взвешивались [6].

Растворимость флюорита увеличивается с ростом концентрации циркония. С ростом температуры растворимость флюорита также увеличивается (в среднем на 0.4 логарифмические единицы с увеличением температуры на 60 °C).

По результатам было определено, что при температуре до 100°C растворимость флюорита описывается образованием комплексов $Zr(OH)_3F$ и $Zr(OH)_2F_2$ [2]. Но при более высоких температурах, в условиях наших экспериментов преобладает комплекс ZrF_6^{2-}.

Определена константа устойчивости этого комплекса с использованием свободных энергий ионов фторида и циркония из базы данных SUPCTR92 [7]:

$$Zr^{4+} + 6F^- = ZrF_6^{2-}$$

При 90, 155, 210, 255°C и давлении насыщенного пара воды, константа этой реакции составила lgβ = 29.86 ±0.13, 34.03 ±0.062, 38.28 ±0.033, 40.94 ±0.079 соответственно.

Изучение фторидных комплексов гафния было проведено на основе измерения растворимости флюорита в зависимости от концентрации $HfO(NO_3)_2$ в растворах HCl ± HF при 100, 150, 205 и 240°C и давлении насыщенного пара воды.

Гафний вводился в виде навесок твердой фазы HfO(NO3)2 квалификации х.ч. Растворимость флюорита увеличивается с ростом концентрации гафния и температуры (в среднем на 0.4 логарифмические единицы с увеличением температуры на 50°C). Обработка результатов проводилась при помощи программы OptimA [8]. Схема комплексообразовния гафния была принята аналогично ранее исследованному цирконию, как его геохимического аналога: образование $Hf(OH)_3F(aq)$, $Hf(OH)_2F_2(aq)$ и HfF_6^{2-}. По расчетам, в условиях экспериментов преобладают только 2 комплекса: $Hf(OH)_2F_2^o$ (aq) и HfF_6^{2-}. Поэтому оптимизация осуществлялась только этих двух комплексов.

В экспериментах без добавления HF доминирующей формой является $Hf(OH)_2F_2^o$ (aq).

По полученным свободным энергиям комплексов были рассчитаны константы диссоциации для реакции:

$HfF_6^{2-} = Hf^{4+} + 6F^-$.

При 100, 150, 205, 240°C и давлении насыщенного пара воды, константа этой реакции составила lgβ = 32.53±0.12, 33.70±0.030, 40.40±0.016, 41.7±0. 022 соответственно.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ №18-35-00075

Литература

1. *Рыженко Б.Н., Коваленко Н.И., Присягина Н.И., Старшинова Н.П., Крупская В.В. 2008. Экспериментальное определение форм существования циркония в гидротермальных растворах. Геохимия. 4. 364-375.*
2. *Migdisov Art. A., Williams-Jones A.E., van Hinsberg V., Salvi S. 2011. An experimental study of the solubility of baddeleyite (ZrO2) in fluoride-bearing solutions at elevated temperature. Geochim. Cosmochim. Acta. 75 (23). 7426-7434.*
3. *Hevesy G., Christiansen J. A., Berglund V. Die Loslichkeit der Doppelfluoride des Zirkons und Hafniums // Zeitschrift fuer anorganische und allgemeine Chemie.1925. №144, p. 69-74.*
4. *Буслаев Ю.А. 1962. Константы нестойкости комплексных фторидов циркония. Журн. неорг. химии. 5. С. 1204-1206.*
5. *Noren B. 1967. The fluoride complexes of hafnium (IV). Acta Chem. Scand. 21. 2435-2448.*
6. *Тарнопольская М. Е., Бычков А. Ю., Шваров Ю. В., Попова Ю. А. 2017. Экспериментальное исследование растворимости флюорита в кислых растворах как метод изучения фторидных комплексов бора. Геохимия. 4.329-334.*
7. *Johnson. J. W., Oelkers. E. H., and Helgeson. H. C. 1992. SUPCRT92: a software package for calculating the standard molal thermodynamic properties of minerals, gases, aqueous species and reactions from 1 to 5000 bars and 0 to 1000°C: Computers and Geosciences. v. 18. 7. 899-947.*
8. *Shvarov Yu.V. 2015. A suite of programs. OptimA. OptimB. OptimC. and OptimS compatible with the Unitherm database. for deriving the thermodynamic properties of aqueous species from solubility. potentiometry and spectroscopy measurements. Appl. Geochem. 55. 17-27.*

К ПРОБЛЕМЕ ВОЗРАСТА ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Тверитинова Т.Ю. [1], **Белобородов Д. Е.** [2], **Симонов Д.А.** [1], **Брянцева Г.В.** [1]

[1] *Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова*
[2] *Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН*
DenBeloborodov@gmail.com

Среди нерешенных проблем истории развития грязевого вулканизма на Керченском п-ове остаются проблемы приуроченности действующих и недействующих в настоящее время вулканов к тектоническим структурам, а также их возраст (Шнюков и др., 2006).

Грязевой вулканизм Керченского полуострова, как и всей Керченско-Таманской зоны, в первую очередь связан с развитием новейших отложений, включающих мощные глинистые толщи олигоцена – нижнего миоцена (т.н. майкопская серия). Грязевулканическая активность тесно связана с тектоническими движениями; обычно ей способствует боковое давление (сжатие), а также наличие разрывных нарушений. Современные активные и уже недействующие грязевые вулканы Керчи сосредоточены главным образом в пределах разрывно-складчатых зон антиклинального строения, тяготея к конкретным поперечным и косым к диапировым антиклиналям разломам и узлам их пересечения. Грязевой вулканизм приводит к формированию сопок и обширных грязевулканических полей, но в сводах антиклиналей и усложняющих их грязевых вулканов характерно также развитие отрицательных просадочных структур, получивших на Керченском п-ове название «вдавленная синклиналь».

Мнения по вопросам закономерностей проявления грязевых вулканов во времени расходятся. В кайнозойском разрезе Керченского п-ова зафиксировано несколько всплесков грязевого вулканизма (Геология СССР, 1969). Наличие прослоев ископаемой сопочной брекчии в майкопе указывает на то, что начало грязевулканической деятельности в регионе относится к миоцену или даже олигоцену, наиболее активное развитие этого процесса было в среднем и позднем плиоцене, а, начиная с позднего акчагыла и до настоящего времени, проходит практически непрерывно.

Некоторую информацию о возрасте грязевых вулканов дает анализ пространственного их распределения в сочетании с историей формирования современного рельефа, частично наследующего и более древние структурные планы. В южной части Керченского п-ова характерно развитие складчатых структур северо-восточной ориентировки, во Внепарпачской области – широтных (Белобородов, Тверитинова, 2018). Выстраивание грязевых вулканов в диагональные и ортогональные цепочки, отвечающие соответственно двум упомянутым структурным планам, указывает на их связи с региональными структурами.

Согласно структурно-геоморфологическому анализу рельефа на Керченском п-ове можно выделить Северо-Западную, Центральную и Юго-Восточную новейшие структуры первого порядка (Захаров и др., 2019). Центральная структура наиболее приподнята и активно развивается в настоящее время. В ней выделяются структуры

меньшего ранга – субширотные антиклинали и синклинали. На основании морфометрического анализа рельефа удалось установить развитие новейших поднятий во времени (Симонов, Брянцева, 2018). Так было выявлено, что Центральное поднятие первоначально изометричной формы возникло в куяльницкое время и постепенно вытягивалось в северо-восточном направлении. В начальный период роста структуры более активными были его центральная и западная части. В настоящее время тектоническая активность сместилась на восточное и северное побережья п-ова, и, вероятнее всего начиная с конца плейстоцена именно здесь проявляется наиболее интенсивное вздымание, а также активизация более древних разломов, что выражается в проявлении субширотных структур более низких порядков.

Изменение тектонической активности выражено и в развитии грязевого вулканизма. В центральной части Керченского п-ова грязевой вулканизм активно проявился в миоцене (возможно с конца олигоцена), в период накопления майкопской глинистой толщи в Индоло-Кубанском и Керченско-Таманском прогибах, разделенных периклинальной частью Горно-Крымского поднятия, формировавшегося в условиях поперечного сжатия. В процессе роста поднятия и прогибания соседних прогибов, могли формироваться складчато-разрывные структуры, сопровождавшиеся проявлением грязевого вулканизма.

В начале плиоцена (возможно с конца миоцена) на фоне коллизионных процессов в Крымско-Кавказской области проявилось субмеридиональное сжатие, которое привело к формированию в Керченско-Таманской зоне системы широтных диапировых линейных и брахиморфных антиклиналей. Именно тогда ареалы максимального развития грязевого вулканизма начали перемещаться на восток – в район северо-восточной части Керченского п-ова и были связаны с активностью широтных структур.

Вместе с тем, Горно-Крымская периклиналь северо-восточного простирания, заходящая в пределы Керченской зоны, продолжала развиваться, что в конце плиоцена привело к появлению здесь растущей Керченской суши. Эта суша постепенно вытягивалась в северо-восточном направлении, но несла в своих глубинах продолжавшую развиваться систему широтных диапировых складок. Развитие суши общего северо-восточного простирания сопровождалось ее расчленением долинами северо-западной ориентировки, закладывающихся вдоль ослабленных зон отрывной природы. Слабо литифицированные надмайкопские толщи легко эродировались, но наличие плотных карбонатов определило усложнение рельефа в виде препарируемых карбонатных гребней на крыльях широтных диапировых антиклиналей. Наряду с тем, что как действующие, так и недействующие грязевые вулканы проявляют приуроченность к осям антиклиналей субширотного простирания, необходимо отметить, что большинство уже недействующих грязевых вулканов тяготеет к центральной части древней Керченской суши, то есть к Центральному изометричному поднятию, начавшему формироваться в куяльницкое время. Действующие вулканы обрамляют это поднятие практически со всех сторон, но максимальная активность характерна для северо-восточной части п-ова.

Таким образом, Керченская зона – сложная интерференционная система разновозрастных структур различных простираний. Грязевые вулканы, тяготеющие к Центральному поднятию северо-восточного простирания, расположение которых отражает

наличие поперечных ослабленных зон северо-западной ориентировки, вероятно, приурочены к зонам более ранней грязевулканической активности. Грязевые вулканы по широтным направлениям отвечают главной системе широтных структур – диапировым антиклиналям, формирующимся на коллизионной стадии активного сжатия.

Литература

1. *Белобородов Д.Е., Тверитинова Т.Ю. Складчатые и разрывные структуры Керченско-Таманской межпериклинальной зоны, контролирующие грязевой вулканизм // Материалы L Тектонического совещания Проблемы тектоники и геодинамики земной коры и мантии. М.: ГЕОС, 2018. Т. 2. С. 237-241*
2. *Геология СССР. Том VIII. Крым. Ч. I. Геологическое описание. Изд-во «Недра».1969. 576 с.*
3. *Захаров В.С., Симонов Д.А., Брянцева Г.В., Косевич Н.И. Характеристики самоподобия системы водотоков Керченского полуострова и их сопоставление с результатами структурно-геоморфологического анализа// Геофизические процессы и биосфера. 2019. Т.18. № 1. С. 50-60*
4. *Симонов Д.А., Брянцева Г.В. Применение морфоструктурного анализа при неотектонических реконструкциях на примере Керченского полуострова // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2018. Т.93. Вып.3. С. 12-25*
5. *Шнюков Е.Ф., Шереметьев В.М., Маслаков Н.А, и др. Грязевые вулканы Керченско-Таманского региона. Краснодар: Главмедиа, 2006. 176 с.*

АДСОРБЦИОННОЕ РАВНОВЕСИЕ В СИСТЕМЕ «РТУТЬ (II) – КРЕМНИЙ ОРГАНИЧЕСКИЙ СОРБЕНТ»

Фяйзуллина Р.В., Кузнецов Е.В., Салаватова Д.С.

Кафедра геохимии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова
salavatova-jamilya2012@yandex.ru

Ртуть и ее соединения являются неотъемлемой частью окружающей среды, где они, как правило, находятся в крайне низких концентрациях. Аналитическая химия ртути заметно шагнула вперёд за последнее пятидесятилетие. Однако до сих пор существуют такие природные резервуары, концентрации в которых не поддаются прямому определению. В таких случаях одним из решений является использование различного рода синтетических сорбентов, значительно понижающих предел обнаружения ртути. Дополнительным преимуществом их использования является возможность транспортировки накопленной на сорбенте ртути от места отбора непосредственно к месту измерения, т.е. в оснащенную аналитическую лабораторию. В районах с повышенной антропогенной нагрузкой особо остро стоит другая проблема, связанная с повышенными концентрациями этого элемента. Большое количество данных об отрицательном воздействии ртути на окружающую среду свидетельствует о необходимости очистки промышленных и сточных вод. При отсутствии контроля и надёжных защитных устройств она поступает в почву, поверхностные и подземные воды, донные осадки, оказывая крайне негативное воздействие на окружающую среду. В частности, поступая в водную экосистему ртуть аккумулируется и трансформируется в каждом последующем звене пищевой цепи, достигая максимального содержания на её вершине. Анализ существующих в настоящее время методов очистки природных и сточных вод от тяжелых металлов показал, что одним из перспективных является сорбционный метод. На роль сорбента, способного обеспечить решение этих двух диаметрально противоположных по своей сути проблем, подходит синтетический сорбент ПСТМ-3Т, синтезированный группой ученых из Института химии имени А.Е. Фаворского СО РАН под руководством академика М.Г. Воронкова. Сорбент представляет собой пространственно-сшитый кремнийорганический полимер с тиокарбамидными группами – $(C_7H_{14}N_2O_3SSi_2)_n$ - поли бис-(3-силсесквиоксанилпропил)тиомочевина (ПСТМ-3) [1]. Его отличительной особенностью является повышенная термическая и химическая стабильность, позволяющая проводить эксплуатацию в агрессивных средах, о чем свидетельствует отсутствие изменения массы и статической сорбционной емкости при воздействии на него в течении часа гидроксидом аммония, серной и соляной кислот при температуре 100 °С. Разрушение полимера происходит при воздействии на него концентрированными растворами натрия или калия. Высокая химическая стабильность позволяет данному сорбенту функционировать в широком диапазоне кислотности среды: от 12 pH до сильных концентрированных кислот [2]. Таким образом, целью нашего исследования стало изучение сорбционных свойств кремнийорганического сорбента ПСТМ-3Т в отношении ртути. На протекание адсорбции может влиять целый ряд факторов: количество адсорбента, время его контакта с раствором, температура и величина pH. Температура воздуха лаборатории на протяжении всех

экспериментов составила 23,5±1,5 °С. Для измерения равновесной концентрации ртути был использован метод «холодного пара» с атомно-абсорбционным окончанием на универсальном комплексе ртутеметрическом УКР-1МЦ с приставкой ПАР-3м («ЭкОН», Москва). Восстановителем служил 1% раствор боргидрида натрия в 1% растворе щёлочи натрия. Для контроля кислотности растворов был использован pH-метр «Эксперт-001» («Эконикс-Эксперт», Москва). В качестве pH-электрода использовался комбинированный стеклянный электрод «ЭСК-10601» («Измерительная техника», Москва). Концентрацию адсорбированной ртути определяли по разнице концентраций в растворах.

Влияние pH. Кислотность раствора является одним из важнейших параметров, контролирующих поглощение тяжелых металлов. В случае с ПСТМ-3Т нами было показано, что процесс адсорбции ртути наиболее значим в области более кислых значений pH.

Это объясняется доминированием катионной формы двухвалентоной ртути Hg^{2+} в области сильнокислых растворов. Об этом факте можно судить, исходя из книги [3] по гидролизу ионов металлов в сильноразбавленных растворах. Также следует отметить, что $pH_{ТНЗ}$ (точки нулевого заряда), вероятно, находится в близнейтральной среде, и сорбент ПСТМ-3Т, в изучаемой нами области является катионитом, т.е. заряжен отрицательно. Поэтому в образовании двойного электрического слоя участвуют катионы Hg^{2+}, занимающие в результате конкурирующей адсорбции, абсолютное большинство адсорбционных центров. Снижение количества адсорбированного вещества, при смещении в близнейтральную и слабощелочную зоны, связано с понижением концентрации частицы Hg^{2+}, а в области около величины pH равной 3, расположена изоэлектрическая точка, в которой происходит смена доминирующей формы: повышается концентрация гидроксида ртути (II) $Hg(OH)_2^0$, не имеющего заряда, и, следовательно, не способного сорбироваться на отрицательно заряженную поверхность сорбента.

Установлено также, что с увеличением количества сорбента в растворе, кислотность последнего сдвигается в более щелочную область. Это можно объяснить образованием двойного электрического слоя из отрицательно заряженной поверхности сорбента, и притянутыми ей положительно заряженными протонами. Совершенно очевидно, что с возрастанием количества сорбента в растворе, возрастает и адсорбция, за счет увеличения сорбирующей поверхности. Следовательно, за счет повышения содержания в растворе групп OH^-, pH смещается в щелочную область.

Кинетика адсорбции. Следует отметить, что все эксперименты по адсорбции, описанные в этой работе, проводились в статических условиях (без использования шейкеров, т.е. без активного перемешивания). Пробы перемешивались вручную в течение 2 минут один раз в сутки. В таких условиях равновесие было достигнуто за неделю и степень извлечения ртути из растворов составила более 95%.

Изотермы адсорбции. Анализ изотерм адсорбции позволяет установить особенности процесса, оценить целесообразность практического использования сорбента для поглощения каких-либо веществ. В настоящей работе анализ изотерм проводился с использованием хорошо известных уравнений: Ленгмюра и Фрейндлиха.

Из полученных данных становится очевидным, что наиболее точно изученный процесс адсорбции описывает уравнение Фрейндлиха, о чём свидетельствует значение R^2, большее 0,99. Показано, что величина предельной адсорбции (Г∞) в ходе эксперимента не была достигнута, и её значение заметно превышает 15 мг/г, что свидетельствует о внушительной сорбционной ёмкости исследуемого сорбента. Величина предельной адсорбции, полученная из уравнения Ленгмюра, соответствующая 5,57 мг/г, не соответствует действительности – она заметно занижена, что говорит о неприменимости теории мономолекулярной адсорбции в случае с выбранным нами сорбентом. Уравнение Фрейндлиха наиболее точно описывает процесс адсорбции ртути (II) на кремнийорганическом сорбенте ПСТМ-3Т. Полученные параметры уравнения Фрейндлиха составили: n = 1,51; K_F = 0,1025.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №17-01-01055.

Литература

1. *Воронков М.Г., Власова Н.Н., Пожидаев Ю.Н., Пестунович А.Е., Кириллов А.И.. Высокоэффективный комлексит и амфолит – поли[N,N'- бис-(силсесквиоксанилпропил) тиокарбамид] // Доклады Академии наук СССР, 1991. Т.320, №3. С. 658–662.*
2. *Васильева И.Е., Пожидаев Ю.Н., Власова Н.Н., Воронков М.Г., Филипченко Ю.А. Сорбционно-атомно-эмиссионное определение золота, платины и палладия в горных породах и рудах с использованием сорбента ПСТМ-3Т // Аналитика и контроль, 2010. Т.14. № 1. С. 16−24.*
3. *Назаренко В.А., Антонович В.П., Невская Е.М. Гидролиз ионов металлов в разбавленных растворах. М.: Атомиздат, 1979. – 192 с.*

ТРЕЩИНОВАТЫЕ КОРИДОРЫ И ИХ РОЛЬ В РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

Хромова И.Ю. [1,2]

[1] ИП Хромова Инга Юрьевна, [2] ООО «Сейсмотек»
ingakhr@inbox.ru

Трещиноватыми коридорами называются протяженные линейные или криволинейные зоны трещиноватости, образованные одной или более системами трещин, секущие комплексы отложений и являющиеся единым проницаемым, гидродиномически связным, а соответственно содержащим и проводящим флюиды геологическим объектом. Трещиноватые коридоры могут обладать регулярной структурой, если построены одной системой трещин, параллельных генеральному направлению трещиноватого коридора, или хаотичной, если построены 2-мя и более системами трещин, расположенных под углом к генеральному направлению простирания трещиноватого коридора. Латеральные границы трещиноватого коридора, отделяющие их от вмещающих монолитных пород, могут быть как резкими, когда границами являются крайние трещины кластера одинаковых трещин, так и постепенными, если переход к монолитной породе происходит при последовательном уменьшении размеров и раскрытости трещин. По результатам многочисленных исследований трещины всех размеров являются фрактальными объектами, т.е. самоподобными. В тоже время, в соответствии с концепцией неоднородной иерархически построенной геологической среды, являющейся последовательностью вложенных друг в друга неоднородностей, трещиноватые коридоры определяются как родительский уровень по отношению как к единичным трещинам, так и к системам или кластерам трещин. В связи с этим свойства трещиноватых коридоров, с одной стороны, как элемента фрактального ряда, являются подобными свойствам отдельных трещин, но с другой стороны, как у элемента более высокого иерархического уровня, некоторые его свойства обладают самостоятельными чертами. Общим свойством для всех трещин могут являться пропорциональные соотношения геометрических размеров трещин, т.е. длина кратно больше высоты, длина многократно больше раскрытости. Свойством трещиноватых коридоров, отличающим их от единичных трещин, являются размеры неоднородностей, служащих концентраторами напряжений, благодаря которым напряжения на их границах превышают средние напряжения в данном объеме. Несмотря на попытки многих исследователей выделить масштабные уровни структурной организации (микро-, мини-, макро-, мезо-, мега- уровни и т.д.), определив наиболее статистически вероятные границы уровней, в реальной природе жесткие абсолютные цифровые значения не определяют границы уровней. Их определяет именно иерархическая вложенность. Отдельно взятая трещина в толстом (например, в 50-ти метровом) монолитном слое карбонатов может быть многократно больше размерами, чем трещиноватый коридор в 10-ти метровой по толщине пачке переслаивания метровых пластов. Исходя из эмпирически выведенной линейной зависимости между толщиной пласта и размерами трещин его разбивающих, можно видеть, что на следующем иерархическом уровне, где трещиноватый коридор разбивает не единичный слой, а слоистый комплекс или циклит, размеры трещиноватых коридоров

находятся в линейной зависимости от толщин разбиваемого ими комплекса отложений. Поскольку толщина продуктивных пластов от месторождения к месторождению существенно разнятся: от Западно-Сибирских песчаных пластов толщиной первые метры до карбонатных пластов Тимано-Печорского региона толщиной десятки метров, - то разнится частота встречаемости и размеры трещиноватых коридоров, их разбивающих и соответственно разнится степень влияния этих трещиноватых коридоров на гидродинамическую связность/разобщенность объектов разработки. Так случилось, что в литературе чаще встречаются упоминания о трещиноватых коридорах и связанных с ними явлениях (аномальные дебиты продукции, быстрая обводненность, высокая аварийность при бурении и т.д.) в карбонатных породах, чем в терригенных. Однако, данная статистика связана с неоднородностью выборки, потому что именно в карбонатных породах, зачастую построенных более толстыми комплексами пород, размеры трещиноватых коридоров больше и явления, с ними связанные, катастрофичнее. В терригенных породах тем не менее, трещиноватых коридоров больше, но размеры их меньше и влияние ощутимо также меньше. Например, для нижнепермских карбонатных пластов толщиной 30-50 метров характерны трещиноватые коридоры длиной 500 и более метров, а это шаг эксплуатационного бурения, и если волей случая две скважины вскрывают один такой трещиноватый коридор, то его влияние на разработку никак не будет пропущено: либо закачиваемую в одну скважину воду тут же получат в другой, либо в первой упадет давление при подключении второй и т.д., не говоря уже о аномально больших дебитах из этих зон, особенно на ранних стадиях разработки. В ситуации с терригенными пластами толщиной метры, первый десяток метров, длина разбивающих их трещиноватых коридоров будет существенно меньше шага эксплуатационного бурения: 150-300 м. Проницаемость их будет зависеть от плотности и крепости разбиваемых песчаников (покурские пески, например, просто засыпят трещину и её проницаемость не будет отличаться от проницаемости вмещающих пород). Почувствовать их влияние можно будет только в том случае, если водоносные слои расположены близко к продуктивным настолько, что высоты трещиноватого коридора хватит, чтобы в условиях разницы давлений пласты начали взаимодействовать. Хотелось бы отметить, что литология продуктивных пластов в гораздо меньшей степени определяет степень влияния трещиноватых коридоров на разработку, чем может показаться на первый взгляд. На самом деле, определяющую роль играет именно толщина пластов, слагающих продуктивный интервал. Очень нередки случаи, когда продуктивный интервал построен толщей тонкого переслаивания карбонатных проницаемых и непроницаемых пород, например: турнейские отложения Бавлинского месторождения, или артинские отложения Оренбургского месторождения. В таких случаях влияние трещиноватых коридоров на разработку происходит также, как и для терригенных пород: трещиноватые коридоры непротяженные по размеру, небольшие по высоте, малой раскрытости, но их много. Чем больше таких непротяженных трещин встретит горизонтальный ствол эксплуатационной скважины, тем лучше её дебит. А если ствол прошел параллельно трещиноватому коридору, какой бы длины он не был, дебит останется низким. Т.е эффективность горизонтальных скважин в большей мере зависит от частоты встречаемости, плотности трещиноватых коридоров на единицу площади, чем от длины ствола. В заключении хотелось бы сказать, что роль трещиноватых коридоров в разработке месторождений значительно недооценена. Связано это с тем, что до появления миграции

дуплексных волн и без использования этого метода закартировать их, определить закономерности распространения было практически невозможно. Аномальные события, связанные с их вскрытием, происходят редко, не систематически и требуется колоссальная статистика, чтобы объединить, систематизировать, проанализировать и сопоставить их.

Литература

1. *Горняк З.В., Костюкевич А.С., Линк Б., Мармалевский Н.Я., Мерщий В.В., Роганов Ю.В., Хромова И.Ю., «Изучение вертикальных неоднородностей с использование миграции дуплексных волн», №1 2008 «Технологии сейсморазведки», стр. 3-14.*
2. *Хромова И.Ю. Миграция дуплексных волн - метод картирования трещиноватых зон тектонического генезиса, «Геология нефти и газа», №3, 2008*
3. *Хромова И.Ю. Практическое сравнение методик прогноза трещиноватости по сейсмическим данным. «Технологии сейсморазведки», №2 2010*
4. *Хромова И.Ю., Горбачев С.В., Мармалевский Н.Я., Линк Б., Яковлев А.П.. «Миграция дуплексных волн обнаруживает трещиноватость гравитационного проседания». ЕАГО, Сочи 2011.*
5. *И.Ю.Хромова, Р.Р.Шафиков, «Сопровождение проводки горизонтальных скважин картированием трещиноватости методом миграции дуплексных волн» // Аналитический журнал Нефтесервис, 2011, №2.*
6. *Шафиков Р.Р., Хромова И.Ю., Русалин А.М., Мармалевский Н.Я., Горбачев С.В. Выделение зон трещиноватости в нижнедевонских карбонатных отложениях в условиях искажающего влияния вышележащих пород на примере Западно-Лекейягинского месторождения // «Геология нефти и газа», №6, 2012*
7. *Хромова И.Ю., Метт Д.А. Гидродинамические исследования как инструмент обоснования сейсмической интерпретации в карбонатных трещиновато-кавернозных резервуарах//Геофизика. – 2014. – № 2. – С. 10–15.*
8. *Авт.свид. РФ №2415448. Способ исследования вертикальных зон трещиноватости./ Хромова И.Ю. G01V1/00. Бюлл. изобр. 2011. №9.*
9. *Хромова И.Ю., О роли естественных трещин в ФЭС Баженовских отложений (по результатам бурения и освоения горизонтальных скважин).// Тезисы 4-ой международной научно-практической конференции ЕАГО «КАЛИНИНГРАД-2014». Калининград, Россия, 26-30 мая 2014*
10. *Хромова И.Ю., Мармалевский Н.Я. «Факторы успешности миграции дуплексных волн.»/ Тезисы 4-ой международной научно-практической конференции ЕАГО «КАЛИНИНГРАД-2014». Калининград, Россия, 26-30 мая 2014.*
11. *Хромова И.Ю. «Трещиноватость как предмет интереса нефтяников и предмет поиска средствами сейсморазведки». Тезисы 2-й тематической научно-практической конференции ЕАГО*
12. *Хромова. И.Ю.«Возможно ли формирование крупных трещиноватых зон нетектонического генезиса в глубоких горизонтах осадочного чехла?» // Тезисы 2-й международной молодежной научно-практической конференции «Инновации в геологии, геофизике и географии-2017», Севастополь, 5-7 июля 2017.*
13. *А.Д.Саетгараев, И.Ю. Хромова, Н.Я.Мармалевский, «Выявление вертикальных стенок рифогенных построек методом миграции дуплексных волн» // «Геология нефти и газа», №5, 2017, 103-112.*
14. *И.Ю.Хромова «Вопросы трещиноватости глубоких горизонтов в платформенных областях». // Тезисы 3-ей научно-практической конференции ЕАГО «Карбонатные резервуара -2017», г.Москва. 1-2 ноября 2017 г.*
15. *И.Ю.Хромова. Формирование крупных зон трещиноватости нетектонического генезиса в глубоких горизонтах осадочного чехла нефтегазоносных бассейнов // Тезисы 3-й международной молодежной научно-практической конференции «Инновации в геологии, геофизике и географии-2018», Севастополь, 3-11 июля 2018.*
16. *И.Ю.Хромова. О роли естественных трещин в формировании ФЭС баженовских отложений (по результатам бурения и освоения горизонтальных скважин)// Тезисы 3-й международной молодежной научно-практической конференции «Инновации в геологии, геофизике и географии-2018», Севастополь, 3-11 июля 2018.*

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ И РАССЕЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОРОДАХ РИТМИЧЕСКИ РАССЛОЕННОЙ ТОЛЩИ КИВАККСКОГО ИНТРУЗИВА

Цховребова А.Р.

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

tsann3@gmail.com

С дифференцированными базит-гипербазитовым интрузивами связаны месторождения хрома, меди, никеля и элементов группы платины, а с ритмической расслоенностью часто связано появление руды. На данный момент механизм формирования ритмической расслоенности не понятен. В качестве объекта исследований мы выбрали Киваккский интрузив.

Массив расположен в Северной Карелии. Он входит в группу расслоенных перидотит-габбро- норитовых интрузивов. Геологические наблюдения выявили в разрезе Верх- нюю и Нижнюю приконтактовые зоны и Расслоенную серию.[2] Снизу-вверх в Расслоенной толще выделяются зоны Оливинитов, Норитов, Габбронoритов и Габбронoритов с пижо- нитом. Между ОЗ и НЗ находится Ритмическая серия, представленная Подзоной переслаивания бронзититов и норитов [1].

В наших предыдущих исследованиях мы разделили химические элементы на 3 группы в зависимости от их степени фракционирования в ходе эволюции интрузива. Так, мы выделили элементы с когерентным, некогерентным и смешанным поведением [3]. Мы решили изучить поведение Cr, Sc, Sr, U, Ni, суммарной концентрации РЗЭ и величины европиевой аномалии (Eu/Eu*). Концентрация Sc оказалась тесно связана с количеством нормативных пироксенов в породе, концентрация Sr - с количеством нормативного плагиоклаза. Проявились и отклонения от ожидаемых закономерностей: предполагаемая корреляция между количеством плагиоклаза и величиной Eu/Eu* оказалась резко ассиметричной. В породах богатых плагиоклазом наблюдается значительная положительная аномалия, а в богатых пироксенами породах отрицательная аномалия проявлена слабо. Взаимосвязь между концентрацией Cr и количеством пироксенов в породе осложнена очень высоким диапазоном содержаний Cr в породах с наибольшим количеством нормативного пироксена. В породах ПзПБН корреляция между суммарной концентрацией редкоземельных элементов и содержанием U в породе не выявлена.

Более детальный и точный анализ выявленных закономерностей позволит нам выделить наиболее реалистичные гипотезы формирования ритмической расслоенности.

Литература

1. *Бычкова Я.В. Закономерности строения контрастной ритмической расслоенности в Киваккском интрузиве. Дисс. на соискание уч.ст. канд. геол-мин наук. М., 2003.*
2. *Коптев-Дворников Е.В., Киреев Б.С., Пчелинцева Н.Ф., Хворов Д.М. Распределе- ние кумулятивных парагенезисов, породообразующих и второстепенных элементов в вертикальном разрезе Киваккского интрузива // Петрология, 2001, т.9., No1*

3. *Цховребова А.Р. Геохимическая структура расслоенной толщи пород Кивакского интрузива. Бакалаврская работа. М., МГУ, Геологический факультет, 2017. (Кафед- ра геохимии геологического ф-та МГУ)*

ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛОВ ПРИ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В МАССИВАХ ИСКУССТВЕННЫХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ ГРУНТОВ

Шмурак Д.В.

Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
shmouraque@gmail.com

Установленные закономерности распространения упругих волн в массиве грунтов позволяют выделять неоднородности строения, а на основе установленных корреляционных зависимостей между геофизическими и геотехническими параметрами оценивать деформационные и прочностные характеристики грунтов в массиве, что часто применяется в строительстве. Строительство является важной составляющей хозяйственной деятельности человека, поэтому повышение эффективности сейсмических методов, применяющихся при строительных работах, является актуальным.

Для получения информации о строении и свойствах грунтов в массивах, залегающих на значительных глубинах, успешно используется вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП) в одиночных скважинах с импульсными источниками возбуждения колебаний. Физической основой использования сейсмических методов в инженерной геологии является зависимость скоростей распространения упругих волн в грунтах от их строения, литологического состава и прочности структурных связей.

Как показали практические исследования, выполняемые на протяжении многих лет, существенно улучшить качество материала, повысить точность выдаваемой информации, а также получить дополнительные сведения можно, применив другие типы источников и приемников, а именно: электроискровой спаркер и датчик давления.

Электроискровой спаркер позволяет поднять частоты сигнала от 30–100 до 500–1500 Гц. А датчик давления в водонаполненной скважине позволяет их зарегистрировать. Это кардинально меняет разрешающую способность метода. Надежно выделяются отражения от слойков мощностью от 0.5 м [1,2].

Однако помимо исследования кинематических характеристик (времена прихода и скорости) волнового поля, принимаются во внимание также динамические характеристики записей. Использование динамических атрибутов для решения задач определения сплошности грунтового массива и его прочностных характеристик выглядит перспективным ввиду того, что в динамике сейсмических трасс содержится дополнительная информация о среде.

Сейсмические волны, проходящие через неупругую среду, испытывают поглощение – ослабление и дисперсию скоростей, из-за неупругости и неоднородности среды [3]. Вопросы исследования возможностей использования динамики в сейсморазведке на настоящий момент остаются открытыми; особенно это касается инженерной сейсморазведки. Для описания степени поглощения в среде используется такое свойства,

как добротность среды (англ. Quality factor – Q) и параметр поглощения β_0, связанные между собой соотношением $\beta_0 = 1/(2QV)$.

Методы для оценки значений Q для наземных условий регистрации сейсмических данных развиты достаточно широко. В частности, были опубликованы некоторые исследования относительно оценки Q-фактора для вертикального сейсмического профилирования (ВСП) и наблюдений в скважинах [4]. Среди большого числа опубликованных алгоритмов оценки добротности особо выделяется метод спектральных отношений, разработанный Спенсером в 1982 году [5].

Изобразив график логарифма отношения амплитудных спектров двух сейсмотрасс как функцию от частоты, можно определить параметр поглощения, аппроксимировав график этой функции линейной зависимостью на конечном диапазоне частот. С помощью получаемого таким образом коэффициента наклона аппроксимирующей прямой p параметр Q можно рассчитать так: $Q = -\pi*(t_2-t_1)/p$.

Метод спектрального отношения достаточно прост, однако на практике определение значения Q-фактора осложнено наличием интерференции, возможных шумов и помех на записях. Кроме того, линейный тренд зачастую весьма неочевиден и в таких случаях требуется коррекция наблюдаемых значений для приведения описываемой функции к линейному виду.

Куан и Харис [6] представили другой метод для оценки сейсмического поглощения, основанный на сдвиге доминантной частоты, наблюдаемый на данных ВСП с глубиной. Авторы метода сдвига частот выявили связь между фактором Q и доминантными частотами в спектрах сигналов до и после прохождения некоторого расстояния в среде. В основе метода лежит идея о том, что амплитудный спектр сигнала источника может быть достаточно хорошо аппроксимирован неким аналитическим выражением.

Серьёзным преимуществом метода сдвига доминантной частоты по отношению к методу спектральных отношений является значительное снижение требований к качеству исходного сигнала, которое достигается за счёт принятия новых допущений о сигнале, а именно – что первый лепесток спектра сигнала можно аппроксимировать аналитическим выражением.

Богатый арсенал инструментов, применяемый для расчёта поглощения, отнюдь не исчерпывается приведёнными примерами, но и описанных методов вполне достаточно, чтобы проиллюстрировать возможность использования динамических характеристик сейсмических записей в инженерной сейсморазведке для получения дополнительной информации о среде.

Литература

1. *Владов М.Л., Ошкин А.Н. Опыт использования сейсмоакустических исследований водонаполенных скважин в составе инженерно-геологических изысканий: тезисы докладов Санкт-Петербург 2008, 3-я международная геолого-геофизическая выставка. Спб., 2008.*
2. *Ошкин А.Н., Хуснуллина Г.Ф. Возможности и перспективы сейсмоакустических исследований скважин // Технологии сейсморазведки. – 2015. – № 1. – С. 92–98.*
3. *Aki, K. and P. G. Richards. Quantitative seismology-theory and methods. 1980, W. H. Freeman and Company.*

4. *Tonn, R., The determination of the seismic quality factor Q from VSP data: a comparison of defferent computational methods. 1991, Geophysical Prospecting 39, l-27.*
5. *Spencer, T. W., J. R. Sonnad, and T. M. Butler. Seismic Qstratigraphy or dissipation. 1982, Geophysics, 47, 16–24.*
6. *Quan, Y. and J. M. Harris. Seismic attenuation tomography using the frequency shift method: 1997, Geophysics, 62, 895–905.*
7. *Tonn, R., The determination of the seismic quality factor Q from VSP data: a comparison of defferent computational methods. 1991, Geophysical Prospecting 39, l-27.*

ГЕОЛОГИЯ КАРАБИЙСКОГО МАССИВА В КРЫМУ

Юдин В.В.

Общественная организация Крымская Академия наук
yudin_v_v@mail.ru

Сложенный верхнеюрскими известняками Карабийский массив – очень крупный, ненаселенный и наименее изученный район Горного Крыма. На его площади (около 350 км^2) по географическим признакам выделялись три яйлы – Карабийская, Долгоруковская и Орта-Сырт. Они разделены залесёнными долинами рек Бурульча, Су-Ат и Зуя. Актуальность исследования района связана с тем, что источники и истоки малых рек по периферии огромного единого сильно закарстованного массива определяют водоснабжение ряда поселков Предгорного Крыма. От правильной геологической модели строения зависит прогноз и рациональное использование ресурсов малых рек и подземных вод Центрального Крыма, включая питание расположенного севернее артезианского бассейна.

Анализ геологических карт и разрезов Карабийского массива за 110 лет изучения показал их противоречивость и структурную несбалансированность [6]. Причинами тому были разные теоретические взгляды исследователей – от фиксизма до структурного мобилизма [1, 2]. В последние четверть века лет разработаны современные модели на основе теории актуалистической геодинамики [3]. Единая общепризнанная концепция строения рассматриваемого района до настоящего времени отсутствует.

Многолетнее авторское изучение тектоники Карабийского массива подтверждает разработанную геодинамическую модель строения и развития всего Горного Крыма [3, 4 и др.]. Впервые созданы структурно сбалансированные геологическая карта, два тектонотипических разреза с фотоинтерпретациями сложных складчато-надвиговых структур и их детальным описанием [4, 6].

Карабийский массив представляет собой крупный олистоплак в составе раннемеловой Горнокрымской олистостромы, который по пологим сбросам сполз с юга по глинистым толщам нижнего мела [3]. Через гравигенно-тектонический контакт верхнеюрские известняки и псефиты массива в основном подстилаются более молодыми толщами нижнего мела [3, 6]. В олигоцен-четвертичное время структура была усложнена неокиммерийскими эндогенными надвигами и сдвиго-надвигами пологого северо-западного наклона, а также системой Мраморного ретронадвига с принадвиговыми складками. Комплексное использование геологических и дистанционных методов позволило нам выявить детали сложного строения массива и выделить в нем серию тектонических чешуй с дуплексированием стратиграфического разреза. Геологического подтверждения ранее выделяемых здесь сетки субвертикальных «разломов», сбросов и грабенов не обнаружено. Наиболее крупными из выделенных нами надвигов с юга на север являются: Подгорный (с одноименным меланжем), Тайкобинский, Прикордонный, Мраморный (ретронадвиг южного наклона), Кольбаирский и Молбайский.

Толщина карбонатного комплекса Карабийского массива по оценкам разных геологов различается в 5–10 раз (от первых сотен метров до 7 км). Реальная толщина

верхнеюрских толщ Долгоруковской яйлы комплексным методом определена в 450-600 м. Для более точного вычисления толщины массива в каждом конкретном участке рекомендуется от абсолютной отметки дневной поверхности вычесть глубину до подошвы по структурной карте в статье [5, стр. 16].

Дальнейшее изучение и уточнение строения Карабийского массива должно быть связано с объективными палеонтологическими определениями возраста пород в сложно построенных участках. До настоящего времени биостратиграфический возраст конкретных толщ массива интерпретируется противоречиво – от ранней–средней–поздней юры до позднего мела включительно. Это связано с выделением разных свит, датировки которых не подтверждены определениями фауны в конкретных обнажениях массива. Даже возраст пологих моноклиналей известняков на Караби яйле определяется разными авторами как киммериджский, титонский или меловой. Поэтому вдоль составленных нами тектонотипических разрезов рекомендуется сбор и определение комплекса фауны с подтверждением аммонитами в аллохтонах и автохтонах выделенных надвигов. При отборе образцов фауны, привязки рекомендуется проводить не традиционно (к по-разному понимаемой без учета тектоники стратиграфической колонке), а в координатах по GPS. Это позволит реально датировать возраст фрагментов стратиграфического разреза каждой тектонической чешуи и утонить сложную тектонику Карабийского массива.

Составленная модель тектоники региона [6] может быть детализирована при получении новых данных, особенно параметрического бурения и сейсморазведки. Возможны несколько иные интерпретации деталей строения массива, но при обязательном условии структурной сбалансированности, чего не было в предшествующих моделях в течение 100 лет.

Литература

1. *Геология СССР. Т. 8. Крым. Ч. 1. Геологическое описание / М.: Недра, 1969. 575 с.*
2. *Казанцев Ю. В. Тектоника Крыма. М.: Наука, 1982. 112 с.*
3. *Юдин В. В. Геодинамика Крыма. Монография. Симферополь.: ДИАЙПИ. 2011. 336 с.*
4. *Юдин В. В. Геология Крыма. Фотоатлас. Симферополь: Изд-во ИТ Ариал, 2017. 160 с.*
5. *Юдин В. В. Проблемы основания Чатырдагского и Караби-Долгоруковского карстовых массивов в Крыму. Материалы Всероссийской научно-практич. конф. II Крымские карстологические чтения. «Изучение и использование естественных и искусственных подземных пространств и закарстованных территорий». Симферополь. 2018. С. 14–19.*
6. *Юдин В.В. Тектоника Карабийского массива в Крыму // Ученые записки Крымского федерального университета. География. Геология. 2019. Т. 5 (71), №1, С. 210-303.*

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЯ

Ясенева Е.В.[1,2], Ясенева И.А.[3]

[1] *Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Севастополе*
[2] *Крымское отделение Российской экологической академии*
[3] *МГУ имени М.В. Ломоносова*
eyaseneva@ya.ru

Ухудшение качества городской среды напрямую связано с целым рядом экологических проблем, возникающих в связи с интенсивным процессом урбанизации. Все это вызывает необходимость индикации и объективной оценки ее современного состояния. В результате воздействия техногенного пресса почвы урбанизированных территорий обладают способностью накапливать значительное количество химических загрязняющих веществ, в том числе и тяжелых металлов. В связи с чем у почв происходит изменение способности выполнять свои экологические функции.

Город Севастополь основан в 1783 году и расположен на юго-западе Крымского полуострова, на побережье Черного моря. На сегодняшний день размещение промышленных предприятий находится в трех традиционно сложившихся зонах. Первая, самая мощная и старейшая, расположена вдоль Севастопольской бухты, начиная от мыса Константиновский на Северной стороне, через Инкерман до Южной бухты. Вторая промышленная зона расположена вдоль Камышовой бухты, Фиолентовского шоссе и пересекая Молочную балку выходит в район улиц Индустриальная и Промышленная. Третья промышленная зона расположена на перешейке, соединяющем Гераклейский полуостров с Крымским по линии Балаклава-Инкерман. Некоторые промышленные предприятия разместились в пределах городской черты Севастополя.

Объектами исследования в 2018 году являлись основные типы городских почв, которые наиболее часто встречаются на селитебной территории города Севастополя (урбаноземы и культуроземы). В городе на участках, заложено 69 пробных площадей.

Содержание тяжелых металлов в образцах почв определяли атомно-абсорбционным методом. Полученные данные статистически обрабатывались в программе Excel, построение картографического материала было выполнено в ГИС-пакетах ArcView-3.2 и Golden Software Surfer 13.

Оценка уровня загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами проводилась по следующим показателям – коэффициент концентрации химического вещества (Кк) и суммарный показатель загрязнения, поскольку антропогенные аномалии чаще всего имеют полиэлементный состав.

Среднее содержание свинца в почвах города Севастополя выше уровня фона (42,15 мг/кг) по всем представленным методам усреднения. Многократное превышение ПДК (до 26ПДК) выявлено лишь на одной пробной площади № 25, расположенной в районе железнодорожного вокзала, недалеко от производственной части Севморзавода (ул. Героев Севастополя). На этом участке наблюдается повышенная нагрузка автотранспорта.

Содержание цинка в городских почвах ниже фонового уровня (32,62). Значение ОДК превышено до 5 раз в небольшом количестве почвенных проб, отобранных на землях городской застройки и общего пользования (территории комплекса автогаражей). Проявляется тенденция к накоплению данного элемента в центральной части города. Следует отметить повышенное содержание поллютанта (2ОДК) на пробной площади № 27 южная часть Севастопольской бухты, Троллейбусный спуск (Хладокомбинат). Средние концентрация никеля в почвах на всей территории города не превышает 12,84 мг/кг, что значительно ниже фона (40 мг/кг). Пробная площадь (№ 6) с максимальным содержанием элемента относится к землям общего пользования и расположена на открытой площадке, рядом с завершенным строительством жилого комплекса.

Основной массив значений по содержанию меди в почвах города находится в диапазоне от 0,005 до 1197 мг/кг. Максимум содержания приходится на пробную площадку № 14, на землях городской застройки выявлены высокие концентрации элемента – 1197 мг/кг, что значительно превышает ОДК (33 мг/кг). Данный участок расположен в зоне постоянного воздействия автомобильных выбросов – обочина дороги и комплекс автогаражей. В связи с этим среднее арифметическое значение в целом для города несколько завышено, однако среднее геометрическое (1,60) и медиана ниже уровня регионального фона (25 мг/кг).

По полученным данным рассчитан комплексный показатель суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами (Pb, Cu, Zn, Ni, Co, Cr, Mn, Fe, V, Ti и др.) и построена картосхема. Однако на пробной площади № 14, 15 показатель суммарного загрязнения равен соответственно 58,9 и 45,65 – это максимальное значение определено как экстремально высокое по отношению ко всему набору данных. Данная пробная площадь расположена на удаленном расстоянии от жилой части города на территории комплекса автогаражей, где почвы подвержены постоянному воздействию автомобильных выхлопов, а также данные площадки относятся к промышленной зоне, что, вероятно, и послужило источником поллютантов. Здесь выявлены высокие показатели содержания свинца, меди и цинка.

Территория города Севастополя характеризуется следующими категориями землепользования: земли городской и сельской застройки (селитебная часть), земли общего пользования (промышленная и военные зоны, автохозяйства, АЗС, транспортно-коммуникационные, , гаражи и др.), земли рекреационно-средообразующие. Проведенное исследование показало незначительные уровни накопления тяжелых металлов относительно фонового уровня. На территории города выявлены локальные загрязнения отдельными элементами. Основные ареалы концентрации тяжелых металлов (Pb, Cu, Zn) приурочены к местам скопления автотранспорта, а также несанкционированным свалкам строительного, технического и бытового мусора (земли городской застройки и общего пользования).

Работа выполнена при финансовой поддержке регионального гранта РФФИ и г. Севастополя № 18-45-920042

9 785001 504887

4-я Международная научно-практическая конференция

«ИННОВАЦИИ В ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКЕ И ГЕОГРАФИИ-2019»

Сборник материалов

Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Севастополе

03 – 06 июля 2019 г.

Издательство «Перо»
109052, Москва, Нижегородская ул., д. 29-33, стр. 27, ком. 105
Тел.: (495) 973-72-28, 665-34-36
Подписано к использованию 09.09.2019.
Объем 5,1 Мбайт.
Электрон. текстовые данные. Заказ 671.